

INFLUENCIA DAS CARACTERISTICAS DO LABORATÓRIO NO ESCOAMENTO TURBULENTO ADMITIDO PELO TÚNEL DE VENTO DO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA -ITA

Marcelo Assato

Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA- Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias
CEP:12228-900 São José dos Campos – SP, assato@ita.br

Roberto da Mota Girardi

Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA- Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias
CEP:12228-900 São José dos Campos – SP, girardi@ita.br

João Paulo da Paz Sena

Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA- Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias
CEP:12228-900 São José dos Campos – SP, jpsena@ita.br

Resumo No ano de 2002 iniciou-se o projeto de desenvolvimento de um túnel aerodinâmico que pudesse complementar os equipamentos existentes no Centro Técnico Aeroespacial. Esse túnel foi projetado através de uma parceria entre o ITA, FAPESP, CTA/IAE e Embraer. Finalmente, em 2003 o túnel, que foi instalado nas dependências do Laboratório de Engenharia Aeronáutica Prof. Feng do ITA, foi finalizado. A partir daí surgiu a necessidade de calibração do mesmo, cujo objetivo é conhecer as características do escoamento na seção de testes e, eventualmente, em outros pontos do circuito aerodinâmico. Neste trabalho foram feitas medidas do nível de turbulência e velocidade média na câmara de tranquilização do túnel de vento, onde estão instalados uma colméia e três telas. As medidas foram realizadas com auxílio de um anemômetro de fio. Os resultados mostraram que regiões de recirculação localizadas no interior do laboratório, entre sua porta e o bocal do túnel, são responsáveis por grande parte da turbulência admitida pelo túnel de vento, a qual acarreta nível de turbulência elevado na seção de testes.

Palavras-chave: Túnel de vento, Escoamento vortical, Nível de turbulência

1. INTRODUÇÃO

O Túnel de Vento de Ensino e Pesquisa do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) foi concebido para complementar as instalações do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), de maneira que pesquisas e desenvolvimentos na área de ensaios aerodinâmicos pudesse ser realizado com custo e prazo menores. Este novo equipamento foi instalado no Laboratório de Engenharia Aeronáutica Prof. Feng e é parte de um grande projeto que tem o objetivo de melhorar a qualidade e a produtividade de ensaios aerodinâmicos. Para realizar este projeto existe uma parceria entre o ITA o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) e o Departamento de Engenharia Aeronáutica da Escola de Engenharia de São Carlos (USP/SC) e, também, da EMBRAER que é a financiadora do Projeto juntamente com a Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP).

Durante o projeto do novo túnel de vento do ITA optou-se pelo desenvolvimento de uma configuração tipo circuito aberto, não só pelo baixo custo de fabricação, mas também pela maior rapidez de implantação deste novo equipamento, se comparado com um túnel de circuito fechado. No entanto, a qualidade de escoamento de sua seção de testes é potencialmente afetada pelas condições do ar externo, principalmente em testes de baixa velocidade.

Os requisitos para a qualidade de escoamento do novo túnel de vento do ITA são muito rigorosos, tanto que o nível de turbulência na seção de testes deve ser de aproximadamente 0,05%. Para garantir que o nível de turbulência desejado e uniformidade do escoamento sejam alcançados, o túnel possui uma câmara de tranquilização, onde foram instaladas uma colméia e três telas (com a

possibilidade de instalação de mais uma caso seja necessário), e uma contração de 10:1, responsável pela aceleração da velocidade média e pela redução do nível de turbulência do escoamento na seção de testes, onde serão instalados os modelos a serem ensaiados.

Após a finalização da implantação do novo equipamento de ensaios aerodinâmicos (ocorrido em Fevereiro de 2003), passou-se à fase de calibração do escoamento na seção de testes. Um dos objetivos da calibração é a avaliação da flutuação do escoamento que passa pelo modelo e o comportamento esperado é uma redução do nível de turbulência a medida que a velocidade média da seção de testes é incrementada. No entanto, após inúmeros ensaios com anemometria de fio quente (onde a técnica experimental foi variada), verificou-se que o nível de turbulência permanecia constante.

Para explicar o problema acima é importante salientar que no novo túnel de vento o bocal de entrada, a câmara de tranquilização, a contração e a seção de testes estão no interior do laboratório. Devido a isto, o ar aspirado que entra pelo bocal de entrada passa inicialmente pelas grandes portas do laboratório e interage com as paredes do prédio, onde ocorre geração de turbulência. A intensidade de flutuação do escoamento aumenta com o incremento da velocidade aspirada pelo ventilador, de maneira que o nível de turbulência do escoamento antes da colméia não tem sua intensidade diminuída, como esperado inicialmente, acarretando o comportamento relatado acima para o escoamento na seção de testes.

O objetivo do presente trabalho é fazer uma série de investigações a respeito da qualidade do escoamento aspirado pelo bocal de entrada e, também, do efeito da colméia e das telas instaladas no interior da câmara de tranquilização. Nesta investigação são realizadas medidas, com auxílio de um anemômetro de fio quente, do nível de turbulência e do perfil de velocidade média ao longo da direção transversal, de maneira a avaliar a influencia das portas do laboratório sobre a uniformidade do escoamento na seção de testes.

2. APARATO EXPERIMENTAL

2.1 Túnel de Vento

Como mencionado anteriormente, o túnel usado nos ensaios referentes a este trabalho é do tipo circuito aberto, como mostrado na figura 1. Esta instalação experimental tem 40 m de comprimento, largura máxima de 4 m e altura máxima de 4,6 m.

O bocal de entrada (vide Fig. 1) é o primeiro componente do túnel de vento, e foi projetado especialmente (vide Assato, Fico Jr. e Girardi, 2003) para levar em consideração a influencia das paredes, do piso e do teto do anexo ao laboratório Prof. Feng, onde o túnel de vento está localizado, como mostrado na figura 2.

A Câmara de tranquilização possui dimensões de 3,16m x 3,80m e é responsável pela retificação do escoamento. Para tanto, foi utilizada uma composição de uma colméia e três telas para efetivar a uniformização e reduzir o nível de turbulência do escoamento admitido pelo bocal de entrada. Análises sobre a redução do nível de turbulência foram realizadas por Girardi e outros (2002), indicando que apenas três telas seriam suficientes, afastadas 700 mm uma das outras, para fornecer o nível de turbulência requerido no projeto. No entanto, foi prevista a colocação de uma quarta tela, também posicionada a 700 mm de distância da terceira. A contração usada no túnel de pesquisa do ITA, é caracterizada por ter uma razão de contração de 10:1 e comprimento de 4,95 m.

A jusante da contração vem a seção de testes, como pode-se observar na figura 1. Este elemento tem um comprimento de 4,0 m e possui seção transversal retangular, porém, suas dimensões variam ao longo do comprimento: no início tem-se 1,0 m de altura e 1,2 m de largura e no final a altura é a mesma, porém, a largura é incrementada para 1,36 m. Este aumento na área da seção transversal é uma forma de compensar o crescimento da camada limite ao longo do comprimento da seção de testes, de maneira a manter constante o valor da pressão estática. A velocidade máxima do escoamento no interior da seção de testes é de 80 m/s (280 km/h). Na velocidade máxima, o número

de Mach é 0,23, o número de Reynolds (considerando uma dimensão característica de 1 m) é igual a $3,2 \times 10^6$ e o nível de turbulência estimado é de 0,05%.

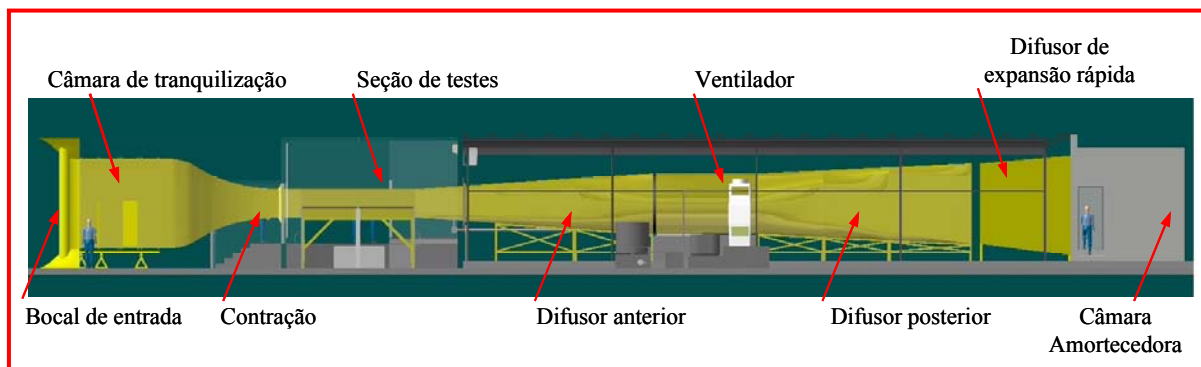


Figura 1. Túnel de Vento de Ensino e Pesquisa do ITA e suas partes.

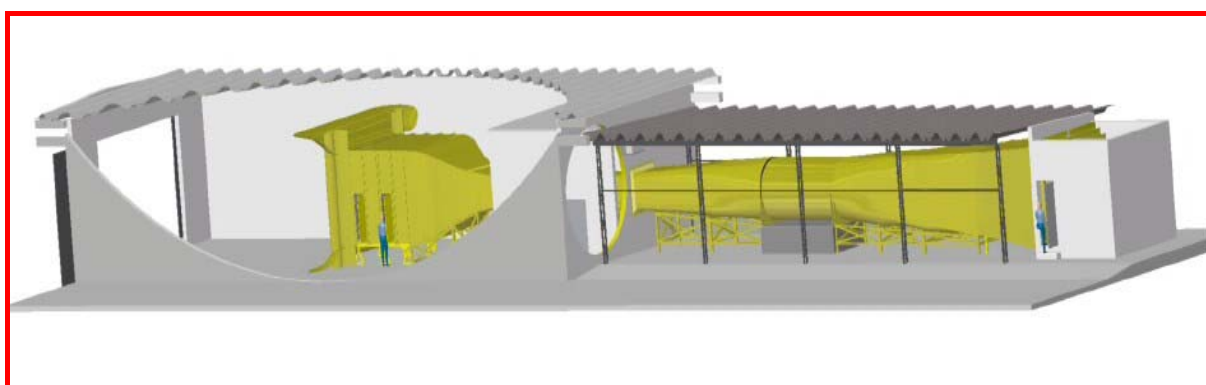


Figura 2: Túnel de Vento no interior do Laboratório

O difusor do túnel de vento é dividido em duas partes, unidas através do ventilador. Esta configuração foi adotada para minimizar o comprimento do difusor e as perdas de energia associadas ao escoamento soprado para fora do túnel (vide Girardi e outros, 2002). O ventilador utilizado no túnel de vento possui potência de 200 HP e seu diâmetro mede 2,14m. A velocidade do escoamento no interior da seção de testes é controlada através da rotação do motor elétrico. Para tanto, utiliza-se um controlador eletrônico de rotação (inversor de frequência), que permite uma variação da rotação em passos de 1 rpm. Este controlador possui uma interface com um computador, de maneira que este possa controlar a velocidade do túnel de vento, permitindo a automação dos experimentos.

Finalmente, o túnel de vento possui uma câmara amortecedora dos efeitos do vento para minimizar as flutuações de velocidade na seção de testes, associadas à variação da magnitude e direção do vento atmosférico. Nesta câmara existe um conjunto de aletas diretoras que defletem para cima, o escoamento proveniente do ventilador. Para ligar esta câmara à seção de saída do difusor posterior (vide Fig. 1) foi projetado um difusor de expansão rápida, responsável por uma redução adicional da energia cinética descarregada para o ambiente, na saída da câmara amortecedora.

2.2 Anemômetro de Fio Quente

O anemômetro de fio quente foi utilizado para medir a velocidade média e flutuante (valor rms) do escoamento no interior da câmara de tranquilização. No trabalho iremos utilizar um anemômetro do tipo CTA (“Constant Temperature Anemometer”).

Para a calibração do anemômetro de fio quente foi montado o esquema mostrado na Fig.(3). Através de uma mangueira, ar comprimido é fornecido ao dispositivo de calibração e seu fluxo é controlado por uma válvula de pressão e por uma segunda válvula que controla a vazão e, por

consequente, a velocidade do escoamento que passa pela sonda de fio quente, fixada a este dispositivo através de um suporte que permite o perfeito alinhamento da sonda com relação ao fluxo de ar. Para medir a velocidade do escoamento que passa pela sonda deve-se realizar a medida da pressão dinâmica do fluxo de ar, a qual é feita através de um manômetro Betz, como pode ser visto na Fig (3). A sonda utilizada possui um único fio, com diâmetro de $5\mu\text{m}$, que é aquecido até uma temperatura aproximada de 250°C durante sua operação. Um cabo de 20 m leva o sinal da sonda para o módulo de medida 56C01 CTA o qual está conectado com um linearizador, o qual fornece uma tensão de saída lida por um sistema de aquisição de dados.

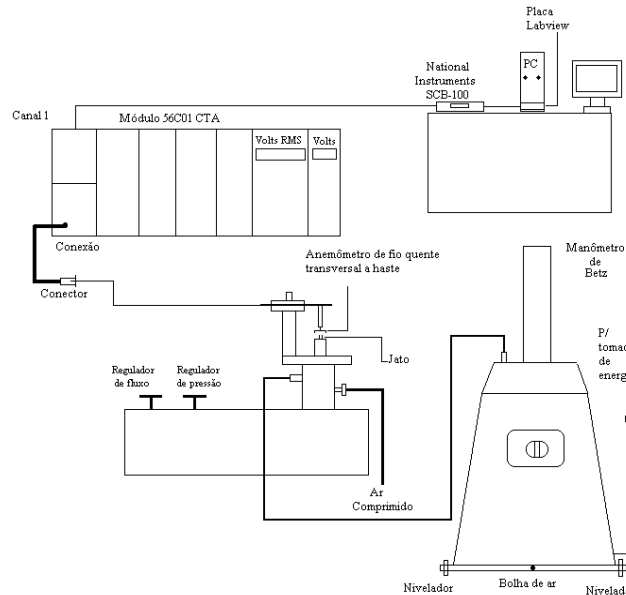


Figura 3. Montagem para calibração do anemômetro.

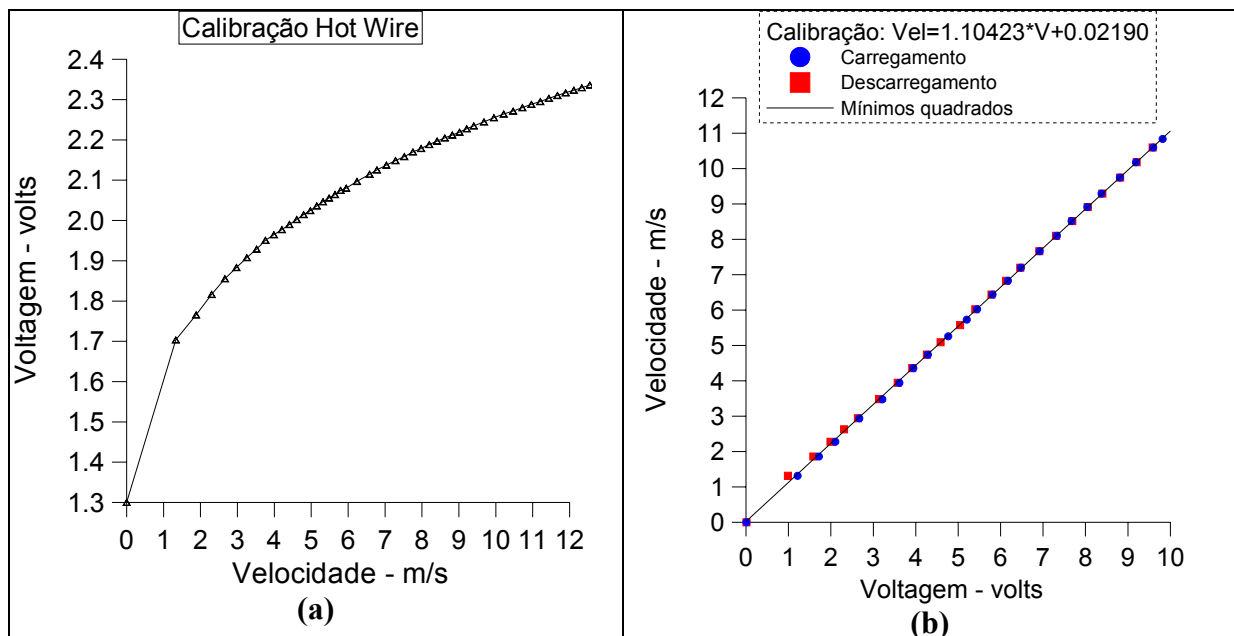


Figura 4. (a) Curva de calibração do fio quente. (b) Curva de calibração linearizada.

A calibração de um anemômetro de fio quente é realizada em duas etapas. Na primeira é necessário medir o sinal de saída do CTA para vários valores de velocidade do escoamento que passa pela sonda. A relação entre a tensão de saída e a velocidade é não linear e na figura 4(a) é mostrado o resultado obtido em uma das calibrações. Com base nestes resultados o linearizador

pode ser configurado e nova calibração deve ser realizada para se obter a relação tensão-velocidade, mostrada na figura 4(b). deve-se esclarecer que esta figura é feita com dados obtidos para velocidade crescente, seguida de uma redução da mesma, de maneira a se verificar se o sistema possui algum tipo de histerese. Pode-se observar, na Fig. 4(b), que este tipo de problema não existe e que a incerteza associada ao processo de calibração é muito baixo, de maneira que resultados muito precisos poderão ser obtidos durante os ensaios com este equipamento. Outro aspecto digno de nota é a faixa de velocidades usada para a calibração da sonda. Esta faixa (vide eixo das abscissas da figura 4) foi ajustada pois na câmara de tranquilização a faixa de velocidades varia entre 0 e 8 m/s, devido justamente a razão de contração de 1:10 (na seção de testes a velocidade varia entre 0 e 80 m/s).

2.3 Procedimento Experimental

Como mencionado anteriormente, neste trabalho foram determinados experimentalmente perfis de velocidade média e de flutuação (valor RMS), tanto na direção transversal (eixo Y) como na direção longitudinal (eixo X).

Para realizar este trabalho de mapeamento foi construído um suporte (vide Fig. 5b), constituído por uma base pesada (feita a partir de uma chapa grossa de ferro), na qual foi fixado um tubo metálico com 50 mm de diâmetro. Na extremidade superior deste tubo foi ajustado um cone metálico, usado para fixar a haste de fixação da sonda de anemômetro de fio quente, que possui um diâmetro bem menor (o cone permitiu o ajuste dos diâmetros dos suportes). Do piso até o elemento sensor (fio aquecido) da sonda verifica-se uma altura de 198 cm. O cabo de 20 m que transmite o sinal da sonda ao equipamento de medida (CTA) passou pelo interior do tubo e saiu do mesmo por um furo no tubo, localizado próximo a base do suporte. Durante o mapeamento, o suporte foi deslocado manualmente, de maneira a realizar medidas em posições previamente marcadas na superfície inferior da câmara de tranquilização.



Figura 5: (a) Posição das seções onde foi feito o mapeamento transversal no interior da câmara de tranquilização, (b) Suporte usado para o mapeamento, posicionado na seção S0.

Tabela 1: Posições para o mapeamento ao longo da direção transversal (a origem do eixo Y é a superfície lateral esquerda da câmara de tranquilização – vide fig.5b).

Medida #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Posição Y (cm)	18,0	40,0	71,0	111,0	161,0	211,0	261,0	301,0	336,0	359,0

No mapeamento na direção transversal (eixo Y) foram realizadas medidas em dez pontos, cujas posições estão registradas na tabela 1. Em cada uma destas posições foram feitas dez medidas, de maneira que os resultados mostrados nas figuras a seguir são uma média destas dez medidas.

A aquisição de cada medida foi feita utilizando-se uma taxa de amostragem de 30.000 leituras/seg. num total de 1.800.000 leituras (1 minuto de aquisição para cada medida). Esta taxa de amostragem foi escolhida para garantir que mesmo as pequenas escalas de turbulência (associados a um sinal em alta frequência) tivessem sua influência registrada pelo sistema de aquisição de dados. O tamanho da amostra (1 minuto) foi escolhido após experimentos exploratórios, de maneira a captar as flutuações do escoamento devido as variações da velocidade e da direção do vento atmosférico. O sistema de aquisição de dados registrava o sinal da velocidade instantânea e, a partir deste, os valores médios e de flutuação (“RMS”) foram calculados.

O mapeamento transversal foi repetido para três seções ao longo do comprimento da câmara de tranquilização, como mostrado na figura 5(a). A seção S0 é localizada a frente da colméia e, portanto, a sonda realiza a medida do escoamento perturbado pelas variações do vento atmosférico, assim como, pelas interações com a porta do laboratório e com as superfícies internas do prédio. A seção S1 está localizada entre o elemento constituído pela colméia seguida da primeira tela e a segunda tela. A seção S2 está localizada após a terceira tela. Não foi possível realizar medidas após a segunda tela por falta de acesso, que é feito através de portas, como pode ser observado na figura 5(a).

A análise de incerteza da velocidade apresenta um valor de $\Delta U = 0.1 \text{ m/s}$.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na Fig.(6) temos os resultados encontrados para o perfil de velocidade média ao longo da largura da câmara de tranquilização, nas posições apresetadas na Tab. (1), para uma altura em relação a superfície inferior fixa de 198 cm. Para a rotação 400 rpm (Fig. 6a), observa-se que a magnitude da velocidade antes da colméia é maior que nas demais seções. Levando em consideração o princípio da conservação da massa esta variação não poderia ocorrer porque a câmara de tranquilização possui seção transversal constante. Uma alternativa para explicar tal resultado é a seguinte: devido a interação do escoamento com a entrada do laboratório e as superfícies internas do prédio, assim como, devido a posição assimétrica do túnel em relação as paredes laterais do prédio, é possível, e provável, que o perfil de velocidade à montante da colméia não seja uniforme e que o escoamento medido a altura de 198 cm tenha magnitude de velocidade maior que a média da seção. Devido ao efeito que a colméia, juntamente com a primeira tela, tem de uniformizar o escoamento que passa através deste elemento retificador, ocorre uma uniformização do escoamento na seção S1 e, portanto, uma diminuição da velocidade local, no nível onde foram realizadas as medidas. Na seção S2, após todo o conjunto de elementos retificadores, o escoamento medido tem valores de velocidade semelhantes à seção S1, corroborando a explicação acima para a aparente discrepância das medidas realizada na seção S0. Para a rotação do ventilador de 800 rpm os resultados estão apresentados na Fig. (6b), onde, também, pode-se observar uma pequena discrepância entre as magnitudes de velocidade das seções medidas. Outro aspecto que contribui para as diferenças observadas é a incerteza da medida e o efeito das perturbações causadas pelo vento atmosférico, pois as velocidades possuem valores muito baixos e, portanto, são difíceis de serem medidos com precisão.

Na figura (6a) também verifica-se que a velocidade diminui a medida que Y aumenta (sonda deslocada da esquerda para a direita, considerando um observador posicionado na porta do laboratório). Este resultado deve ser consequência do fato do túnel de vento estar mais próximo da parede lateral esquerda do laboratório. Esta assimetria provoca uma distorção do escoamento sugado pelo túnel, o qual interage de maneira distinta com cada uma das paredes laterais do laboratório. O efeito uniformizador dos elementos retificadores pode ser verificado na Fig. (6) por meio da comparação do perfil de velocidades na seção S2 com os das duas seções à montante.

O efeito causado pelos elementos retificadores de reduzir a velocidade de flutuação (valor “rms”) do escoamento pode ser visto com muita clareza na Fig. (7) para ambas as velocidades de rotação do ventilador. Nesta mesma figura pode-se observar o efeito de uniformização dos referidos

elementos, uma vez que o perfil na seção S2 é bem mais uniforme que nas demais seções, localizadas à montante.

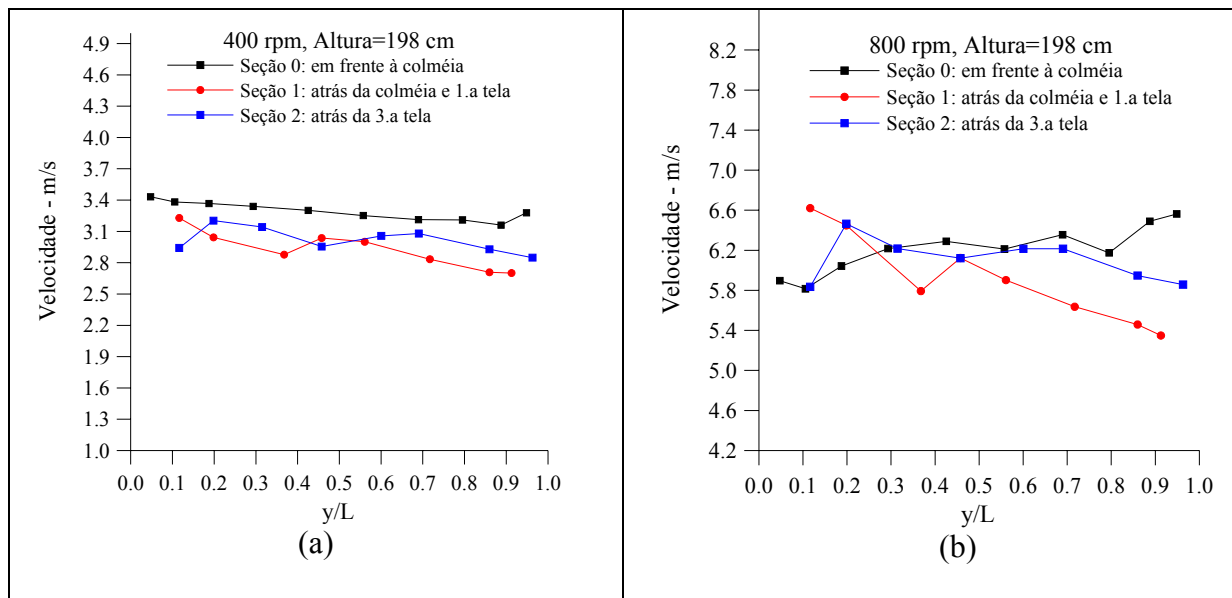


Figura 6: Distribuição de velocidade média na direção transversal (Y), para rotação do ventilador de: (a) 400 rpm e (b) 800 rpm.

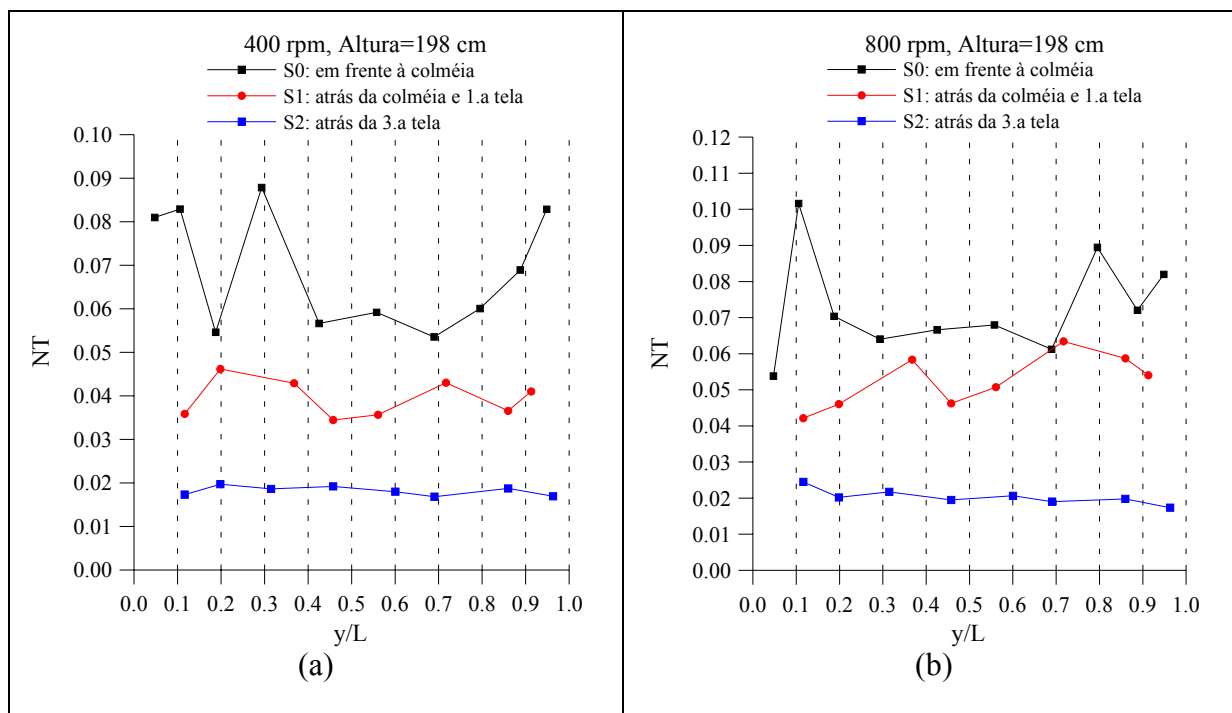


Figura 7: Distribuição do nível de turbulência (NT) na direção transversal (Y), para rotação do ventilador de: (a) 400 rpm e (b) 800 rpm.

Na seção S0, localizada à montante do conjunto de elementos retificadores, observa-se que o nível de turbulência é mais elevado nas regiões próximas às superfícies laterais da câmara de tranquilização. Este resultado é consequência das regiões de recirculação que se formam nas proximidades das paredes laterais do laboratório, devido a passagem do escoamento sugado pelo túnel através da abertura localizada na porta do laboratório (vide Fig. 2) e posterior interação com as paredes laterais do prédio. Nestas regiões existe uma intensa formação de estruturas turbulentas de diferentes escalas, que acabam sendo sugadas para o interior do túnel de vento. Por outro lado, o escoamento que flui pela região central da câmara de tranquilização é menos afetado pelo

escoamento gerado nas regiões de recirculação e possui nível de turbulência com magnitude mais baixa.

Comparando-se as Figs. (7b) e (7b) verifica-se que o nível de turbulência para a rotação de 800 rpm foi ligeiramente maior que aquele medido para a rotação de 400 rpm. Este resultado inicialmente causou muita surpresa pois, considerando que as flutuações decorrentes das variações do vento atmosférico não são influenciadas pela rotação do ventilador então, um incremento da velocidade do escoamento médio (aumento da rotação) deveria acarretar em diminuição do nível de turbulência. Após uma análise mais cuidadosa conclui-se que o incremento da velocidade sugada pelo túnel de vento acarreta aumento da intensidade de turbulência gerada nas regiões de recirculação mencionadas acima. Neste caso, como o nível de turbulência é uma comparação da velocidade de flutuação com a velocidade média, ocorre uma compensação destas duas grandezas, mantendo o nível de turbulência praticamente constante, como pode ser visto nas Figs. (7a) e (7b).

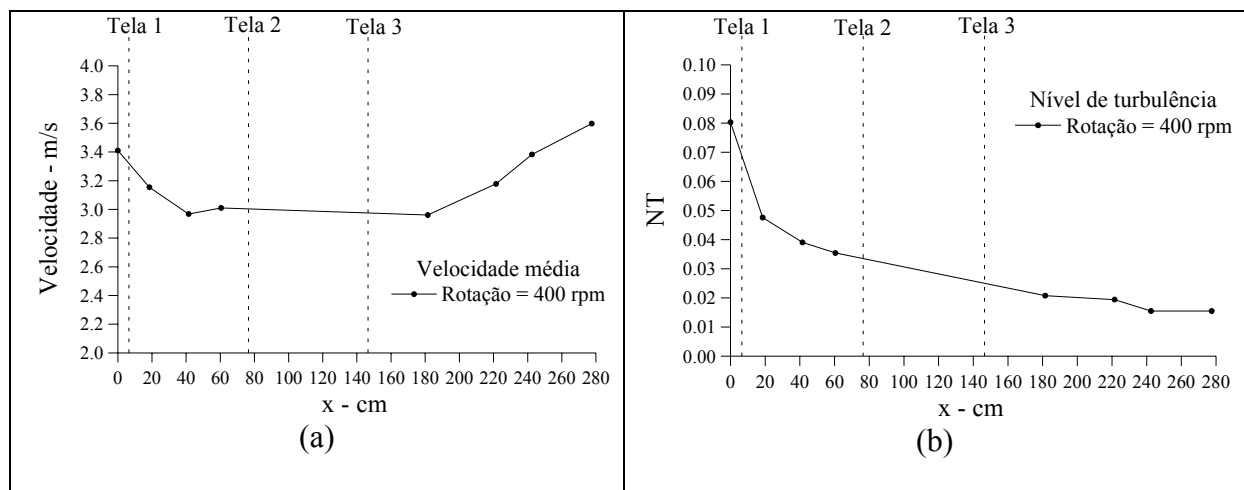


Figura 8. Distribuição ao longo da direção longitudinal (eixo X): (a) da velocidade média e (b) do nível de turbulência. (rotação do ventilador de 400 rpm)

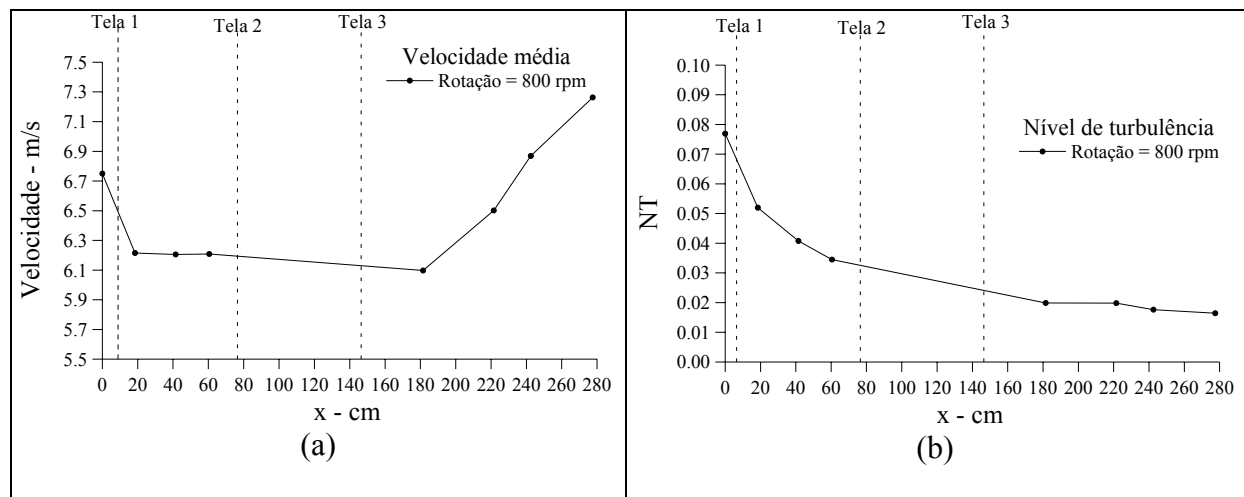


Figura 9. Distribuição ao longo da direção longitudinal (eixo X): (a) da velocidade média e (b) do nível de turbulência. (rotação do ventilador de 800 rpm)

Nas Figs.(8) e (9) tem-se uma amostra bem representativa do efeito da instalação da colméia e das telas no túnel de vento. Nestas figuras o eixo X é orientado na direção do eixo longitudinal do túnel de vento e sua origem está localizada 5 cm antes da colméia. A câmara de tranquilização possui comprimento pouco maior que 280 cm e, portanto, todos os resultados apresentados nas figuras acima foram medidos no interior da referida câmara, em uma posição equidistante das paredes laterais a para uma altura de 198 cm.

Para a velocidade média, Figs (8a) e (9a), ocorre um comportamento interessante, próximo à contração, final da câmara de tranquilização. O aumento da velocidade é uma consequência da contração, pois, como o escoamento é subsônico, perturbações à jusante se propagam para montante. Devido a isto, a aceleração da velocidade média que ocorre na contração induziu um incremento de velocidade do escoamento no final da câmara de tranquilização.

Como a velocidade média é praticamente constante ao longo da câmara de tranquilização (exceto no seu início e na região final, como explicado anteriormente) os resultados das Figs (8b) e (9b) mostram claramente o efeito de redução da velocidade de flutuação (valor “rms”) provocado pelos elementos retificadores. Os resultados obtidos para a região entre 20 e 60 cm mostram que deve existir um espaço mínimo entre duas telas para permitir que a flutuação gerada pela própria tela decaia antes de alcançar o próximo elemento retificador. Por fim, observa-se que desde o ponto à frente da colméia até à montante da última tela ocorre uma queda considerável do nível de turbulência, por volta de 75%.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram realizados experimentos para caracterizar o escoamento que é aspirado pelo túnel de vento de ensino e pesquisa do ITA e, também, para caracterizar o escoamento no interior da câmara de tranquilização do referido túnel, onde existem elementos retificadores, tais como, colméia e um conjunto de telas. Para tanto, utilizou-se a técnica de anemometria de fio quente, em conjunto com um sistema de aquisição de dados.

Ao contrário da expectativa inicial, as variações da velocidade e da direção do vento atmosférico não é o fator preponderante na flutuação do escoamento na câmara de tranquilização e, por consequência, na seção de testes do túnel de vento. Foi observado que regiões de recirculação localizadas no interior do laboratório, entre sua porta e o bocal de entrada do túnel, são as responsáveis pela geração de estruturas vorticais com diferentes escalas e intensidades, as quais são aspiradas para o interior do túnel de vento. Estas estruturas são responsáveis por grande parte da turbulência medida antes e depois dos elementos retificadores. Além disto, foi verificado que a velocidade de flutuação do escoamento aumenta quando a rotação do túnel é aumentada, indicando que as estruturas vorticais das regiões de recirculação tem sua intensidade incrementada a medida que aumenta a velocidade do escoamento aspirado pelo túnel.

Deve-se enfatizar que os elementos retificadores de escoamento instalados no interior da câmara de tranquilização foram efetivos para reduzir o nível de turbulência (redução de 75% na região central do escoamento) e, também, para uniformizar o escoamento perturbado verificado à montante da colméia.

Por fim, deve-se enfatizar a importância prática deste trabalho, pois os resultados apresentados deixam muito claro que a melhoria da qualidade do escoamento na seção de testes do túnel de vento (redução do nível de turbulência) só poderá ser alcançada se as regiões de recirculação, mencionadas acima, tiverem seus efeitos minimizados ou eliminados. Para se alcançar este objetivo já esta em fase de execução um estudo mais completo deste problema, o qual está sendo realizado em um modelo (escala 1:10) da região interna do laboratório. Com base nos resultados desta nova pesquisa pretende-se realizar modificações para se tentar alcançar o nível de turbulência de 0,05%, especificado no projeto do túnel de vento.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e a Empresa Brasileira de Aeronáutica (EMBRAER), pelo suporte financeiro do projeto do túnel de vento de ensino e pesquisa do ITA.

6. REFERÊNCIAS

- Assato, M., Fico Jr, N.G.C.R and Girardi, R.M., 2003, “Experimental Study of the Turbulence Level at the Intake of an Open Circuit Wind Tunnel”, Paper AIAA-2003-3948, 21st AIAA - Applied Aerodynamics Conference, 23 - 26 Jun, Session 86: Wind Tunnel Aerodynamics and Experimental Studies II, Orlando, Florida, USA.
- Barlow, J.B., Rae.. W. H. Jr. and Pope, A., 1999, Low Speed Wind Tunnel Testing, John&Sons, Third Edition, Inc.
- Brumm, H. H., “Hot-Wire Anemometry: Principles and Signal Analysis”, Oxford University Press Inc., New York, 1995.
- Girardi, R. M., Fico, Jr, N.G.C.R., Mello, O. A. F. and Komatsu, P., 2002, “Projeto do Túnel de Vento Subsônico de Pesquisa do Instituto Tecnológico de Aeronáutica”, In: CONEM2002 - II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2002, V. CDROM, João Pessoa, Brasil, 19-23/Ago.
- Moller, S. V., 2000, “Experimentação em Turbulência”, ETT2000 - II Escola Brasileira de Primavera Transição e Turbulência, 11-15 de Dezembro, Uberlândia/MG, pp. 65-102.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

INFLUENCY OF THE LABORATORY CHARACTERISTICS ON THE TURBULENT FLOW SUCKED BY THE TECHNOLOGICAL INSTITUTE OF AERONAUTICS WIND TUNNEL

Marcelo Assato

Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA- Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias
CEP:12228-900 São José dos Campos – SP, assato@ita.br

Roberto da Mota Girardi

Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA- Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias
CEP:12228-900 São José dos Campos – SP,

João Paulo da Paz Sena

Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA- Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias
CEP:12228-900 São José dos Campos – SP

Abstract. In the year of 2002 started the design to develop an aerodynamic wind tunnel which could supplement the equipment already existent at the Centro Tecnico Aeroespacial – CTA. This tunnel was designed thru a partnership between ITA, FAPESP, CTA IAE and Embraer. Finally, in 2003, the tunnel, which was installed at the Feng Aeronautical Engineering Lab – ITA, was finished. So emerged the need to calibrate this wind tunnel, which objective is know the characteristics of the flow at the test section, and eventually other points in the aerodynamic circuit. The characteristics investigated are: turbulence level and flow angularity. Initially, measures of mean velocity and turbulence level were made in the quiet chamber and at the wind tunnel entrance. The mean velocity and turbulence level were obtained with a hot wire anemometer CTA (Constant Temperature Anemometer). The data obtained were read in a computational environment, interfaced by a data acquisition device.

Keywords. Vortical structures, turbulence level, wind tunnel.