

ESTUDO E OTIMIZAÇÃO DE GEOMETRIA DE UM TÚNEL DE VENTO DE BAIXA VELOCIDADE POR CFD.

Victor Yujin Kim (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Júlio César Dainezi de Oliveira (Orientador),
e-mail: ra106866@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR.

Engenharia Mecânica; Mecânica dos Fluidos [30501024]

Palavras-chave: túnel de vento, dimensionamento, CFD

Resumo:

Túnel de vento é um aparato experimental que tem como objetivo de simulação de movimento de ar ou gases de forma controlada nas regiões próximas de um objeto. Para a aerodinâmica, a utilização do equipamento é fundamental para ter um estudo aprofundado da mecânica dos fluidos. No momento, o Departamento de Engenharia Mecânica carece dos instrumentos que possibilitem um estudo apropriado da área. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo o dimensionamento de um túnel de vento de baixa velocidade, baseando-se nas referências bibliográficas voltadas para o dimensionamento e a fabricação de túneis de vento. Utilizou-se da técnica de fluidodinâmica computacional (CFD) para simular o escoamento interno ao equipamento. Para isso, foi estudou-se as classificações dos túneis de vento, as suas vantagens e desvantagens, além da aplicação voltada para baixas velocidades. Após definido a natureza e o formato do túnel de vento, foi abordado um estudo quanto à geometria do equipamento e em seguida, o desenho CAD dos modelos e a simulação fluidodinâmica através de Ansys Fluent. Com isso, foi possível obter resultados de turbulência e o perfil de velocidade e característica de escoamento.

Introdução

Estudo de comportamentos aerodinâmicos e escoamento de fluidos, com certeza, é uma das etapas fundamentais para o dimensionamento de estruturas de engenharia. A presença desse está em diversas áreas: aeronáutica, automobilística, maquinários, marinha, construções civis (prédios, pontes, postes e etc.), ambientais, atividades esportivas e agrícolas (NEVES, 2010).

Para o estudo e previsão de um sistema fluidodinâmico, existem três principais métodos: analítico, experimental e computacional. Na década de 80, muitos engenheiros previam que a evolução da infraestrutura computacional e os métodos analíticos sofisticados seriam possíveis de substituir o método experimental (STUMPE, 2018), porém, ainda hoje, é possível afirmar que o método computacional não é totalmente confiável quanto a previsão. Desta forma, a utilização de um túnel de vento ainda continua sendo fundamental para os estudos de engenharia e mecânica dos fluidos.

Um túnel de vento consiste em um equipamento que forneça fluxo de fluidos para a câmara de teste, onde se acomoda o modelo, e mede-se as propriedades de ensaio fluidodinâmicos desejados (BARLOW et al., 1999).

Desta forma, este trabalho teve como principal objetivo de dimensionar um túnel de vento e realizar simulações CFD com finalidade de avaliar a característica de escoamento.

Materiais e métodos

O presente projeto teve como foco em dimensionamento de túnel de baixa velocidade, que consiste em avaliar escoamento de ar na velocidade máxima admissível de 0,3Ma (104m.s⁻¹). Para isso, foi necessário o levantamento de dados necessários para o dimensionamento.

Escolha da natureza do túnel de vento

De forma geral, existem dois tipos de túneis de vento: o aberto e fechado. O primeiro consiste em um sistema de escoamento com as extremidades abertas ao ambiente de experimento, já o segundo trata-se de um sistema que permite o bloqueio de escoamento de ar ao ambiente externo durante a simulação. Para o projeto, foi escolhido o túnel de vento aberto pelo fato de apresentar menor complexidade e custo de fabricação comparado ao túnel de vento fechado, além de permitir simulação com escoamento de fumaças. Este tipo de instrumento possui como principal componente: bocal de contração, seção de teste, difusor e ventilador (BARLOW et al., 1999).

Dimensionamento geométrico dos componentes do túnel de vento.

Para o início da modelagem, foi decidido a utilização da seção de teste, cujo objetivo é a acomodação e fixação do objeto sólido de teste de ter um formato cúbico de dimensão 500x500x500 (mm).

No dimensionamento do bocal, foi tomado como principal referência a metodologia de Bell e Metha (1988) que sugere a razão de área de contração num intervalo de 6 a 10 e o comprimento do bocal com o dobro do valor do raio hidráulico da seção de área maior. A curvatura do bocal foi definida com a modelagem de equação polinomial de grau 5, como descrito na Equação 1.

$$y(x) = \sum_{i=0}^5 C_i \left(\frac{x}{L}\right)^i, \#(1)$$

Onde C_i são os coeficientes polinomiais e L é o comprimento total do bocal.

Para o dimensionamento característico do difusor, Barlow et al. (1999) sugere razão de área de difusão num intervalo de 2 a 3, cujo comprimento é definido pelo ângulo de abertura, a recomendação sugere valores de mínimo 3º e máximo de 6º.

Com os equacionamentos e as condições apresentadas, foram dimensionadas ao total 5 modelos para o bocal, com a razão de área de 6, 7, 8, 9 e 10. Para o difusor, foi selecionado a razão de área fixa para 2, com finalidade de proporcionar estrutura menor e 3 modelos com ângulo de abertura de 3º, 4º e 6º.

Após as dimensões calculadas, foi realizado a modelagem 3D via CAD através do software SolidWorks.

Simulação CFD por Ansys Fluent

Após o dimensionamento e modelagem, foi realizado a simulação via Ansys Fluent, tendo como configuração de algoritmo SIMPLE-C para a simulação. Para a simulação do bocal, foi fixado a geometria do difusor para o 2º modelo, que apresenta o ângulo de abertura de 4º, e para o caso da simulação do difusor, foi fixado a geometria do 3º modelo do bocal, que apresenta a razão de área de 8. Desta forma, foi extraída os resultados de perfil de velocidade, pressão, energia cinética de turbulência (ECT), onde teve o maior enfoque de análise no plano médio longitudinal e transversal da seção de teste.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 e Tabela 2 estão descritas as dimensões características dos bocais e os coeficientes da equação polinomial da curvatura do bocal. Na Tabela 3, está apresentada a dimensão característica do difusor.

Tabela 1 – Dimensões características do bocal de contração.

| Dimensões do bocal | | | |
|--------------------|------------|------------|-----------|
| Modelo | D_n (mm) | L_n (mm) | R_{a_n} |
| 1 | 1225,00 | 980,00 | 6,00 |
| 2 | 1320,00 | 1060,00 | 6,97 |
| 3 | 1420,00 | 1130,00 | 8,07 |
| 4 | 1500,00 | 1200,00 | 9,00 |
| 5 | 1580,00 | 1265,00 | 9,98 |

Tabela 2 – Coeficientes da equação polinomial do bocal.

| Constantes polinomiais | | | | | | |
|------------------------|----------|----------|-----------|-------|-------|---------|
| Modelo | C_0 | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 |
| 1 | 13775,00 | -1210,75 | -13291,43 | 0,00 | 0,00 | 1225,00 |
| 2 | 15580,00 | -1369,40 | -15033,06 | 0,00 | 0,00 | 1320,00 |
| 3 | 17480,00 | -1536,40 | -16866,36 | 0,00 | 0,00 | 1420,00 |
| 4 | 19000,00 | -1670,00 | -18333,00 | 0,00 | 0,00 | 1500,00 |
| 5 | 20520,00 | -1803,60 | -19799,64 | 0,00 | 0,00 | 1580,00 |

Tabela 3 – Dimensões características do difusor.

| Dimensões Características do Difusor | | | |
|--------------------------------------|--------|------------|------------|
| Modelo | Ângulo | L_d (mm) | D_d (mm) |
| 1 | 3 | 1975,92 | 707,11 |
| 2 | 4 | 1480,88 | 707,11 |
| 3 | 6 | 985,24 | 707,11 |

Na Figura 1 está apresentada os resultados da intensidade de turbulência em relação à sua velocidade de escoamento no centro geométrico da câmara de teste.

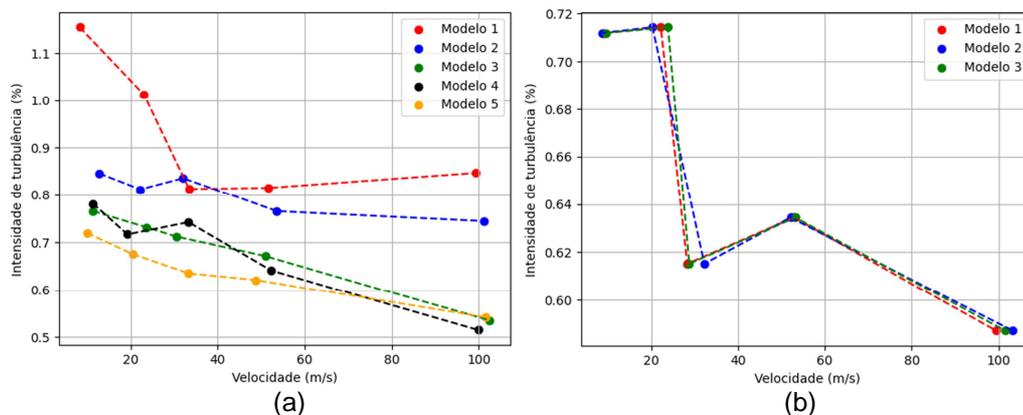


Figura 1 – Intensidade de turbulência dos modelos dimensionados pela velocidade de escoamento: (a) intensidade de turbulência pela variação do modelo do bocal e (b) intensidade de turbulência pela variação do modelo do difusor.

É possível observar com a Figura 1, que a variação da dimensão do bocal torna-se mais impactante para o fator de intensidade de turbulência na seção de teste, principalmente em regiões de baixa velocidade abaixo de $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Já para o caso do difusor, a variação da geometria não apresentou diferenças significativas para a intensidade de turbulência.

Conclusões

Com os resultados obtidos com base nas referências bibliográficas e simulações de fluidodinâmica computacional, foi possível observar o comportamento geral com as variações de dimensões, e tornou-se conclusivo visualmente que, a variação dimensional do bocal é mais impactante ao comportamento de escoamento do que o difusor.

Agradecimentos

O aluno agradece pelo apoio do CNPq, a Fundação Araucária, a UEM e a todos que de alguma forma contribuíram para o trabalho.

Referências

BARLOW, Jewel B.; RAE JUNIOR, William H.; POPE, Alan. **LOW-SPEED WIND TUNNEL TESTING**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons., 1999.

BELL, J. H.; MEHTA, R. D.. **Contraction Design for Small Low-Speed Wind Tunnels**. Stanford: Ames Research, 1988.

STUMPE, Joe. Symbiosis: **Why CFD and wind tunnels need each other**. Aerospace America. Wichita, p. 1-1. jun. 2018.

NEVES, Soraia Ferreira. **Estudo e otimização da geometria de um túnel de vento por CFD**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, FEUP, Porto, 2010.