

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

DESENVOLVIMENTO DE UM TÚNEL DE VENTO DIDÁTICO

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

¹CON-2016-1211

Resumo: O túnel de vento é uma instalação que possibilita simular como um fluido atua ao passar por determinadas superfícies, o mesmo é utilizado para verificar distorções no campo aerodinâmico e forças de arrasto. É possível avaliar com esse equipamento a forma como o fluido age ao passar por dimensões, analisando a atuação das forças devido a ação da correntes de ar. Na prática, fenômenos como escoamento, presença de vórtices, forças de sustentação e arrasto, entre outros, podem ser visualizadas e medidas. Dessa maneira, a importância desta análise deriva da decorrência de que o escoamento do fluido influencia diretamente no comportamento e desenvolvimento da superfície a ser estudada. Além disso, com a utilização de um túnel de vento, é possível analisar vários efeitos, tanto por um aspecto visual como também através de dados técnicos, ao qual são fatores importantes a serem verificados. Sendo assim, o trabalho visa projetar e construir um túnel de vento de pequeno porte, onde este possui um grande interesse na avaliação do comportamento de um fluido quando o próprio desloca-se sobre superfícies com geometrias variadas, bem como a forma como estas estruturas reagem à ação deste fluido a uma dada velocidade. O projeto irá auxiliar em atividades de pesquisa e extensão do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal do Piauí além de contribuir, no ensino didático, para um melhor aproveitamento das disciplinas do presente curso.

Palavras-chave: Túnel de Vento, Escoamento, Fluido.

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual, observa-se que mesmo com a disponibilidade de tecnologias modernas, como por exemplo os programas de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD), muitas empresas de ponta, diversas pesquisas e estudos continuam investindo em ensaios com túneis de vento obtendo excelentes resultados. Isso ocorre, em grande parte, porque os programas computacionais ainda não conseguem executar todas as condições de contorno para se obter um resultado mais próximo do que ocorre na realidade. Assim, um túnel de vento apresenta-se como uma ferramenta essencial para a compreensão de fenômenos relacionados à aerodinâmica.

Equações da conservação da massa, de Bernoulli e do número de Reynolds, encontradas nas obras de Çengel, (2006) são utilizadas para a determinação de diversos parâmetros do túnel de vento. As classificações dos diferentes tipos de TV consideram o fluido utilizado, a velocidade máxima, geometria do túnel entre outros, conforme Barlow, (1999).

Os túneis são construídos sob muitas formas e para diferentes propósitos. Neste caso, permitirá testar modelos em escala, tais como os protótipos desenvolvidos pelos projetos de extensão do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal do Piauí.

Dessa forma, o presente trabalho explora a elaboração de um modelo de túnel de vento que visa fornecer informações necessárias para avaliar a turbulência gerada em torno de modelos submetidos a situações práticas otimizando o escoamento ao atenuar as regiões de turbulência.

2. DESENVOLVIMENTO DO TÚNEL DE VENTO

Neste trabalho, o túnel utilizará o ar como fluido, sua velocidade na seção de ensaios será de 40 m/s, abaixo da velocidade do som onde foi obtido um Mach de 0,13, portanto um túnel subsônico. Dentre os diversos tipos de túneis subsônicos, foi escolhido o do tipo soprador em virtude dos objetivos anteriormente propostos. De acordo com a geometria, o túnel será aberto, sem recirculação de ar e possuirá um ventilador à frente da seção de testes que aumentará a pressão para compensar as perdas e atender à vazão necessária. Com essa configuração, o túnel possuirá diversas vantagens, entre elas, o baixo custo de fabricação, menor espaço ocupado e um acesso fácil à seção de testes.

O túnel proposto se desenvolveu da seguinte forma, como mostrado na "Fig. 1": O ventilador sopra o ar lançando-o em uma contração, na qual o fluido terá sua velocidade aumentada pela redução na área da seção, para que, ao chegar na câmara de testes, atinja-se a velocidade máxima. Na entrada desta câmara serão instaladas duas telas com o objetivo de tornar a velocidade mais homogênea, melhorando dessa forma, a qualidade do escoamento. Após a câmara, será usado um difusor para reduzir as perdas de carga na saída. Acoplada ao túnel, mais precisamente no interior da seção de testes, será instalada uma balança aerodinâmica com o intuito de mensurar os esforços exercidos sobre os objetos quando sujeitos à ação do fluido.

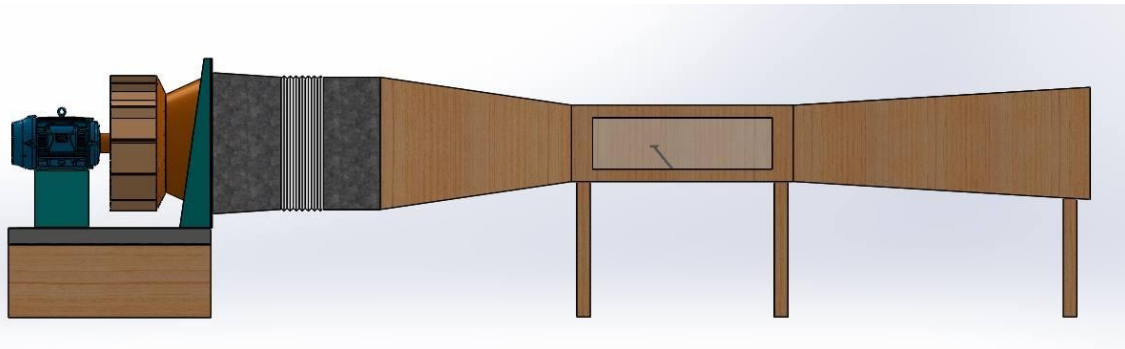


Figura 1. Desenho Esquemático do Túnel de vento

Uma vasta revisão bibliográfica foi pesquisada a fim de se obter o conhecimento necessário para o dimensionamento de cada elemento do túnel de vento e, em etapa futura, o presente projeto, já construído será colocado à disposição do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal do Piauí para finalidades acadêmicas tendo em vista que o aprendizado flui de maneira mais eficiente quando aproximamos a teoria da prática.

2.1 Componentes do Túnel de Vento

2.1.1 Seção de Testes

Na seção foi atendido o requisito da razão de bloqueio onde o modelo a ser testado pode ocupar no máximo 5% da área total da seção de testes. Este valor é necessário para que não haja um afunilamento nas linhas de corrente, entre o protótipo e a seção causando medições não condizentes com a realidade. Este critério foi observado tendo em vista que a qualidade do escoamento na seção de testes é essencial. Escolheu-se uma seção quadrada de 548 x 548mm com comprimento equivalente a 1644mm, que pode ser melhor visualizada na "Fig. 2". A janela de visualização será confeccionada em acrílico transparente de espessura 6mm, possuindo área de visualização de 380 de altura por 1330 de comprimento, centralizada em apenas uma das laterais da seção de teste para que assim obtenhamos uma iluminação adequada para facilitar a visualização do experimento.

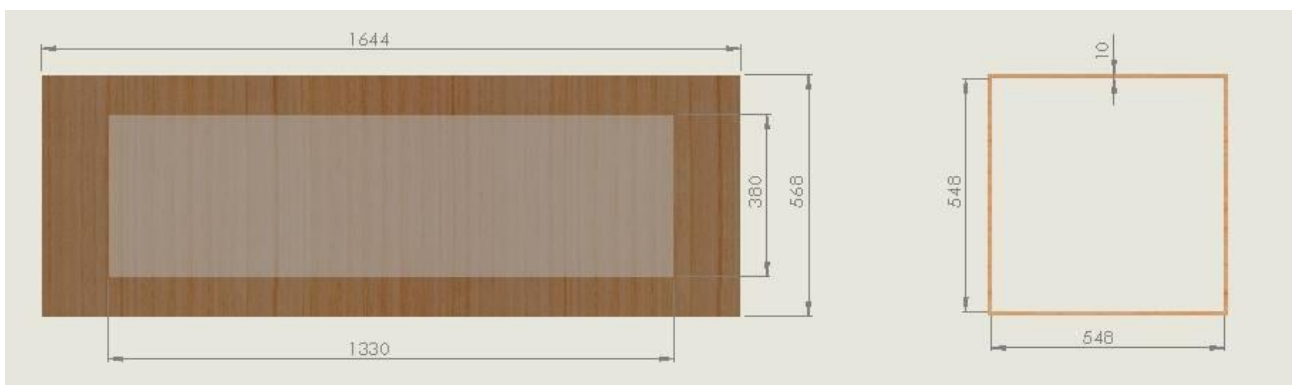


Figura 2. Seção de testes para visualização dos ensaios

O projeto teve início pela determinação da velocidade na seção de testes (local onde os corpos a serem testados são posicionados para os experimentos), que foi obtida utilizando-se de uma escala compatível com as dimensões dos objetos a serem ensaiados. Assim, a velocidade na entrada da seção foi de 40m/s, Reynolds de $1,5 \times 10^6$. A vazão correspondente foi de $12,01 \text{ m}^3/\text{s}$ o que equivale a $43.236 \text{ m}^3/\text{h}$ e o material a ser confeccionado será o compensado com 10 mm de espessura.

2.1.2 Bocal de Contração

O Bocal converte o fluxo recebido do ventilador para a seção de testes e aumenta a velocidade por até 20 vezes. A área encontrada para a entrada do bocal foi de $958 \times 958 \text{ mm}$. O projeto desta contração utilizou-se da equação da continuidade, igualando a vazão de saída com a de entrada.

A Saída do bocal correspondente tem dimensões equivalente às da seção de testes ($548 \times 548 \text{ mm}$) com comprimento de 1407mm, angulação de aproximadamente 8° e sua estrutura será confeccionada com material semelhante ao da seção de ensaios. Seu modelo segue nos moldes da "Fig. 3":

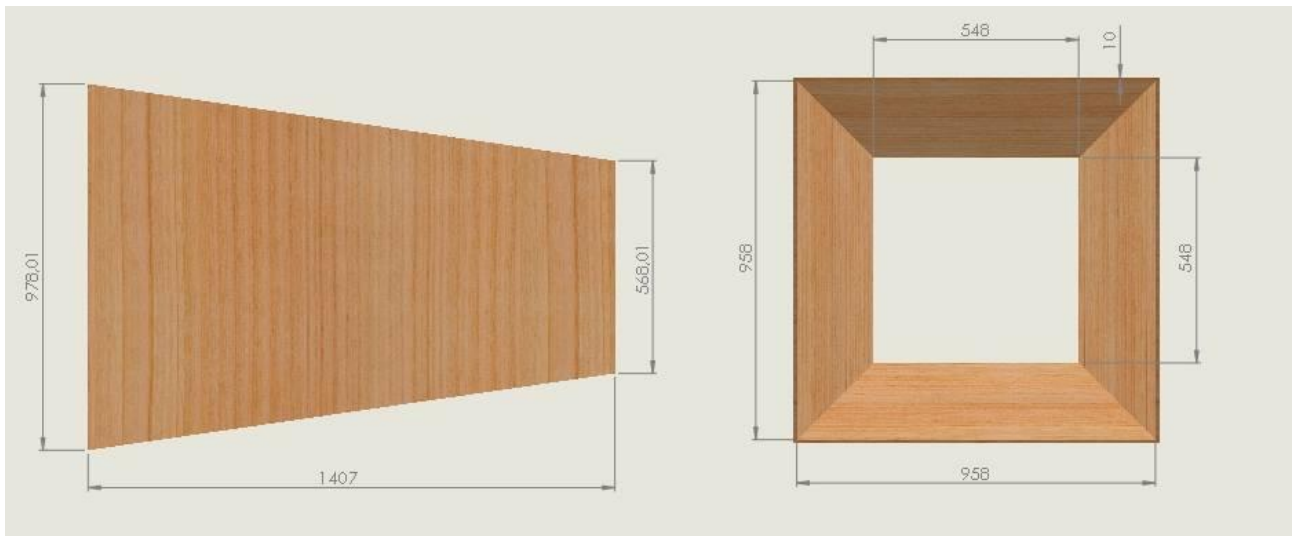


Figura 3. Bocal de Contração

2.1.3 Telas

O objetivo principal das telas é o controle da turbulência. Os parâmetros utilizados para a escolha das telas foram a porosidade e o número de Reynolds do arame. Segundo Barlow, (1999) encontrou-se um valor de 0,8 para a porosidade e 821,2290 para o Reynolds. Optou-se aqui pela utilização de duas telas confeccionadas de arame de aço, com seção transversal equivalente à da entrada na câmara de testes. O diâmetro do arame será 0,3 mm, com especificação 25 x 30 BWG e a distância que separa as duas telas é de 150mm. O modelo da tela é apresentado na "Fig. 4".

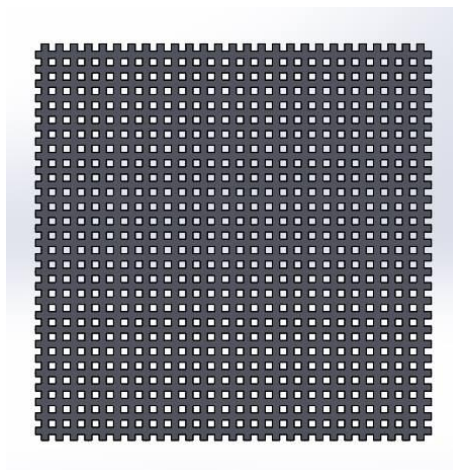


Figura 4. Esboço da tela utilizada

2.1.4 Difusor

Como exposto anteriormente, a principal funcionalidade deste difusor é reduzir as perdas de carga na saída do túnel reduzindo a velocidade em uma pequena distância, ou seja, o difusor é empregado com a função oposta dos bocais e por isso, também é conhecido como bocal divergente.

O difusor encontrado (813 x 813mm) foi dimensionado com 2200mm de comprimento e para uma divergência ou razão de expansão de um ângulo de 7°. Seu modelo pode ser visto na "Fig. 5".



Figura 5. Difusor

2.2 Dimensionamento do Ventilador

O ventilador, um componente bastante importante no projeto, é o responsável por gerar a vazão de ar. Ele deve ser capaz de atender a demanda do sistema, superar as perdas geradas em cada componente fornecendo assim, a vazão esperada. Optou-se por ventilador centrífugo, os quais tendem a ter uma maior eficiência tendo em vista que o túnel será do tipo soprador. A potência necessária para operar o túnel de vento, P_t , equivale ao produto da vazão, Y , pela potência total consumida pelo ventilador, em consonância com a "Eq. 1"

$$P_t = Y \Delta P_{total} \quad (1)$$

Para encontrar a potência a ser consumida pelo ventilador, primeiro deve-se calcular a perda de carga total gerada no túnel que é obtida da seguinte forma: Com as dimensões individuais calcula-se a perda de carga de cada elemento (K_i). A perda de pressão individual corresponde ao produto do coeficiente de perda local pela pressão dinâmica local, Q_i . A perda de pressão total será igual ao somatório das perdas de pressão local de acordo com a "Eq. 2":

$$\Delta p_{total} = \sum_{i=1}^n K_i Q_i \quad (2)$$

Com,

$$Q_i = \frac{1}{2} \rho v_i^2 \quad (3)$$

Onde v_i^2 é a velocidade do fluido de entrada em cada componente. A perda de carga total calculada nesse sistema foi de 689,9402 Pa e a potência necessária para opera este túnel de vento 8,285 KW. Levando-se em conta as eficiências do motor e do ventilador respectivamente iguais a 0,84 e 0,73 com fator de segurança igual a 1, a potência demandada pelo ventilador foi de 18,37 CV.

Utilizando-se o software VORTEX fornecido pela companhia OTAM, encontrou-se o ventilador que atenderia esta vazão e perda de pressão: um ventilador modelo RLS 1000 da OTAM do tipo centrífugo de pás ou aletas curvadas para trás de acordo com o apresentado na "Fig. 6". Uma base de fixação se fez necessária para evitar as possíveis vibrações causadas pelo motor.

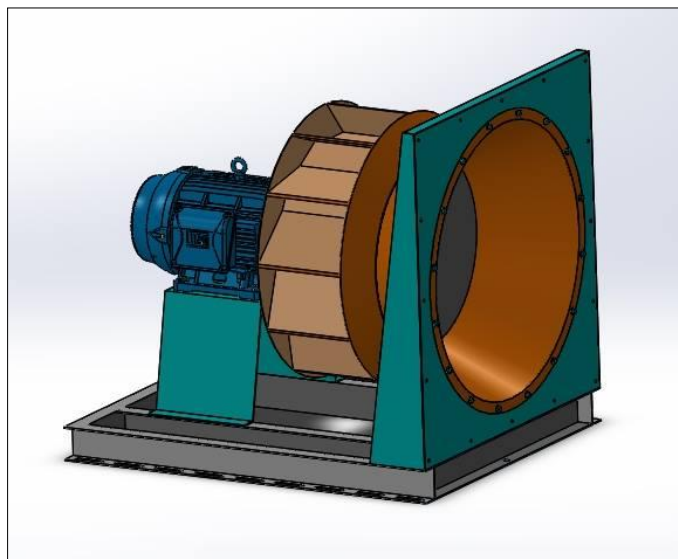


Figura 6. Modelo do ventilador encontrado

A "Figura 7" apresenta uma tela do software VORTEX com as características do ventilador sob as condições aqui apresentadas com algumas aproximações:

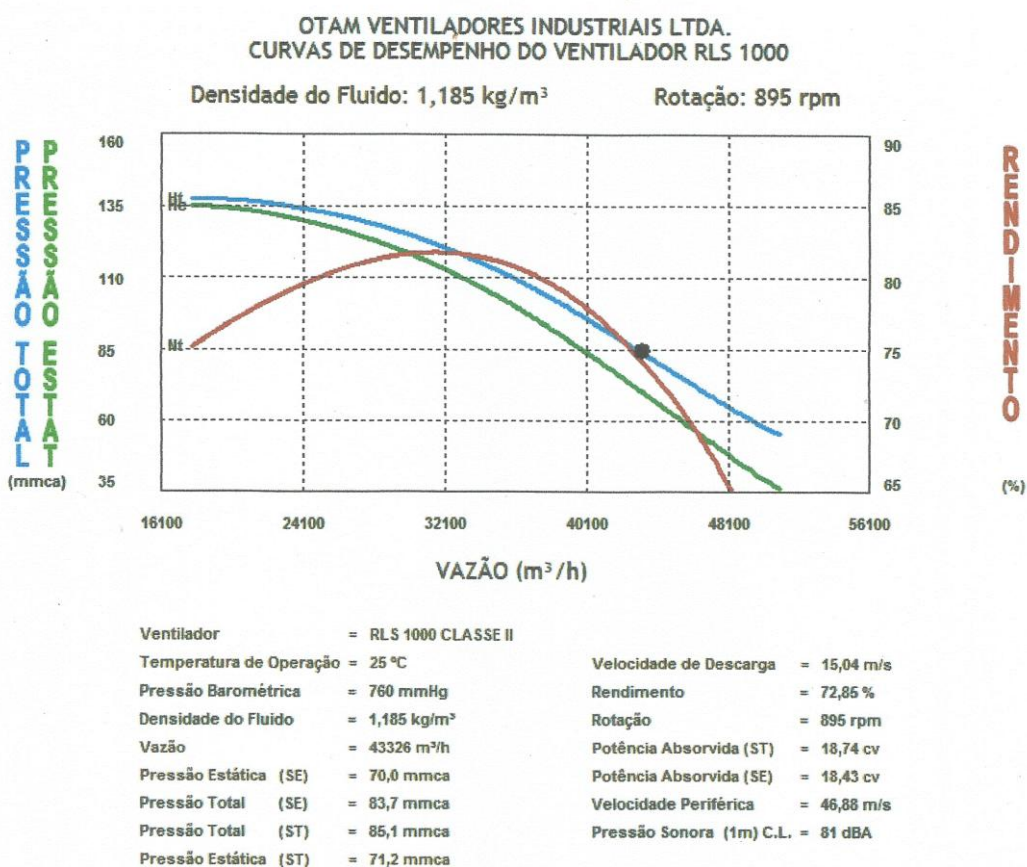


Figura 7. VORTEX - RLS 1000 da OTAM

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através de um aprofundamento bibliográfico sobre o desenvolvimento de um túnel de vento, podemos concluir que atualmente a engenharia utiliza e confia nos dados obtidos a partir de modelos testados em túneis de vento até porque alguns cálculos analíticos somente são resolvidos mediante aproximação, e por este aspecto, os túneis de vento podem

contribuir para resultados mais seguros e confiáveis ao projeto. Portanto os túneis são ferramentas essenciais para o desenvolvimento tecnológico da indústria.

Obteve-se como resultado final o dimensionamento completo do túnel de vento. Através do projeto fica possível se obter um túnel de baixo custo, simples embora bastante útil, e que pode ser construído com ferramentas de fácil acesso.

Além disso, uma futura construção física do túnel nos permitirá uma análise mais detalhada, podendo assim, confrontar as possíveis divergências entre os cálculos teóricos e o CFD. Os estudantes de Engenharia Mecânica e participantes dos projetos de extensão do Instituto Federal do Piauí serão os grandes beneficiados com este projeto pois, o mesmo lhes permitirá a concretização dos conhecimentos teóricos.

4. AGRADECIMENTOS

Ao professor Francisco José Patrício Franco pelos conselhos e orientações durante este trabalho.

5. REFERÊNCIAS

Barlow, B. J.; POPE, A; RAE, W. H., 1999, “ Low Speed Wind Tunnel Testing”. 3. ed. New York: John Wiley & Sons.
Çengel, A. Y.; Cimbala, M. J., 2006, “ Fluid Dynamics: Fundamentals and Applications”. New York: McGraw-Hill.
W. Fox, Robert; T. McDonald, Alan; Pritchard, Philip J., 2006, “INTRODUÇÃO À MECÂNICA DOS FLUÍDOS”.
6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora.
Groff, J. E. A.; Alé, J. V., 2000 “Projeto de túnel de vento subsônico de circuito aberto”, Rio Grande do Sul: PUC-RS.
Otam. Manual Técnico. Porto Alegre: OTAM Ventiladores Industriais Ltda.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

OS autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

DEVELOPMENT OF A WIND TUNNEL DIDACTIC

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

CON-2016-1211¹

¹CON-2016-1211

Abstract. *The wind tunnel is a facility that allows simulate how a fluid acts to go through certain areas, it is used to check distortions in the aerodynamic field and drag forces. You can evaluate this equipment the way the fluid acts to go through dimensions, analyzing the performance of the forces due to the action of air currents. In practice, phenomena such as flow, presence of vortices, drag and lift forces, among others, can be displayed and measured. Thus, the importance of this analysis is derived from the result that the fluid flow directly influences the behavior and development of the surface to be studied. Moreover, with the use of a wind tunnel, you can analyze multiple effects, both a visual aspect but also by technical data, which are important factors to be checked. Thus, the work aims to design and build a small wind tunnel, where it has a great interest in assessing the behavior of a fluid when the own moves on surfaces with various geometries, as well as how these structures react the action of this fluid at a given speed. The project will assist in research and extension of the course of Piauí Federal Institute Mechanical Engineering activities and contribute in didactic teaching, for a better use of the subjects of this course.*

Keywords: *Wind tunnel, flow, fluid.*