

## **PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM TÚNEL DE VENTO PARA ENSAIOS AERODINÂMICOS**

**Elmo Thiago Lins Cöuras Ford, elmocouras@hotmail.com<sup>1</sup>**

**José Ubiragi de Lima Mendes, ubiragi@ct.ufrn.br<sup>1</sup>**

**Elisângela Magalhães de Souza, lis\_cont@hotmail.com<sup>2</sup>**

**Edilson Cöuras, edilsoncouras@hotmail.com<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

<sup>2</sup>IESP

<sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba - UFPB

**Resumo:** *O estudo da aerodinâmica está relacionado à melhora no desempenho de aviões e automóveis com o objetivo de se reduzir o efeito do atrito do ar sobre estruturas, proporcionando maiores velocidades e menor consumo de combustível. A aplicação dos conhecimentos da aerodinâmica não mais se restringe às indústrias aeronáuticas e automobilísticas. Dessa forma, tentando adequar-se as novas demandas com relação ao estudo aerodinâmico nas mais diversas áreas da engenharia, este trabalho apresenta as etapas do projeto e construção de um túnel de vento para aplicação em ensaios aerodinâmicos. Dentre as várias configurações de túneis de vento existentes, optou-se por construir um subsônico de circuito aberto, devido a menor complexidade de construção e instalação; simplicidade operacional e custo reduzido. Sendo do tipo soprador, para aproveitar uma maior eficiência do motor; e com difusor para que o fluido de ar ganhe velocidade antes de atingir a seção de ensaios. As diretrizes para projeto foram: práticas didáticas: estudo da camada limite e análise dos escoamentos sobre corpos de prova com diferentes geometrias. Para a variação de pressão na seção de teste foram utilizados um micromanômetro conectado a um tubo de pitot. Resultados quantitativos e qualitativos mostraram ser satisfatórios.*

**Palavras-chave:** Túnel de vento, Aerodinâmica, Escoamento de ar.

### **1. INTRODUÇÃO**

O estudo da aerodinâmica está relacionado à melhora no desempenho de aviões e automóveis com o objetivo de se reduzir o efeito do atrito do ar sobre estruturas, proporcionando maiores velocidades e menor consumo de combustível. A aplicação dos conhecimentos da aerodinâmica não mais se restringem às indústrias aeronáutica e automobilística. O estudo das forças geradas sobre objetos imersos em uma corrente de ar é aplicado ao desenvolvimento e otimização de projetos e produtos em áreas como esporte, ergonomia, design industrial e engenharia mecânica e civil. O estudo aerodinâmico pode ser realizado empregando-se túneis de vento de diferentes tipos, os quais podem ser classificados em função da posição de construção (verticais ou horizontais), do tipo da câmara (aberta ou fechada) e da velocidade do fluido (de subsônicos a hipersônicos). Em geral, um túnel de vento é composto por um bocal convergente, uma seção de teste, um difusor e um ventilador. O bocal convergente é um componente fundamental para uma avaliação aerodinâmica com menores incertezas envolvidas. Segundo Bell e Mehta (1989) os principais efeitos do bocal são a redução da flutuação de velocidade na seção de teste e o aumento da velocidade média do escoamento. A seção de teste requer cuidados na fabricação e montagem permitindo que o escoamento seja tão uniforme quanto for possível, isenta de ângulos e com o mínimo de redemoinhos (FOX e McDONALDS, 1998).

Este estudo propõe o projeto e a construção de um túnel de vento para a realização de ensaios aerodinâmicos visando o melhor entendimento da interação entre o fluido e a estrutura, por parte dos acadêmicos do curso de engenharia mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

### **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Para simular o efeito do ar passando sobre a superfície das carrocerias dos veículos, foi necessário a construção de um túnel aerodinâmico.

Dentre as várias configurações de túneis de vento existentes, optou-se por construir um de circuito aberto, devido a menor complexidade para instalação e manuseio. Sendo do tipo soprador, para aproveitar uma maior eficiência do motor; e com difusor para que o fluido de ar ganhe velocidade antes de atingir a seção de ensaios.

O túnel possui as seguintes características: comprimento total de 4,5m; seção de ensaio com dimensões de 0,50m X 0,50m, com área de 0,25m<sup>2</sup>; velocidade máxima de aproximadamente 9,7m/s, obtida usando um motor elétrico monofásico, com potência máxima de 5HP (3.7kW). Difusor com razão de contração de 2:1, ou seja, com seção maior de 1m X 1m, e seção menor 0,50m X 0,50m, que segundo Catalano (1998), faz com que o fluido ao passar por essa região tem um aumento da velocidade devido a diminuição da pressão. As Fig. (1; 2; 3; 4; 5 e 6) e Tab. (1), detalham a construção e montagem do túnel.



Figura 1. Molde para o difusor.



Figura 2. Primeira peça construída



Figura 3. Montagem da contração.



Figura 4. Difusor armado.



Figura 5. Construção da seção de ensaios.



Figura 6. Ventilador Centrífugo.

Tabela 1. Dimensões do túnel de vento.

Especificações do Túnel Aerodinâmico	
Comprimento	4,5 m
Altura máxima	1 m
Largura máxima	1 m
Tipo do túnel	Soprador
Potência máxima do motor	5 HP (3,7 kW)
Área da seção de ensaio	0,25m <sup>2</sup>
Velocidade máxima da seção de ensaio	9,7m/s

No túnel de vento utilizado, o ar é soprado por um ventilador centrífugo, movido por um motor elétrico de corrente alternada. O ar passa por um difusor no qual há em sua extremidade de saída a uma caixa do tipo colméia.

Também foi projetada e construída uma câmara de estabilização com um retificador de fluxo do tipo colméia. Foram consideradas no dimensionamento da câmara de estabilização as observações de Mehta e Bradshw (1979), segundo as quais o comprimento do favo deve ser de seis a oito vezes o diâmetro médio da célula, e a recomendação de Groff e Alé (2000), que estipula uma faixa para a espessura da parede das células entre 0,5 e 2,0mm. A colméia foi construída a partir de tubos de PVC, que foram cortadas com 200mm de comprimento cada uma. Essas partes foram montadas e coladas, formando 625 células de seção quadrada 50x50mm. Na Fig. (7) pode ser observado a montagem final da colméia.



Figura 7. Caixa de uniformização do tipo colméia.

Após o difusor, o escoamento sofre uma aceleração, devido à presença de uma contração na qual o escoamento sofre uma perda de pressão, isto é, converte-se em energia cinética (velocidade) que se dirige à seção de ensaio. Toda a construção das estruturas do túnel (difusor, contração, seção de ensaio), foram realizadas mediante técnicas utilizadas por Catalano (1998). Partes como: A caixa de uniformização do escoamento; a coifa para reter as vibrações provenientes do motor e a hélice do motor para geração do vento, foram realizadas mediante técnicas utilizadas no Laboratório de Aerodinâmica de Carrocerias de Veículos da Universidade Luterana do Brasil – ULBRA. A Fig. (8) mostra o modelo esquemático do túnel de vento.

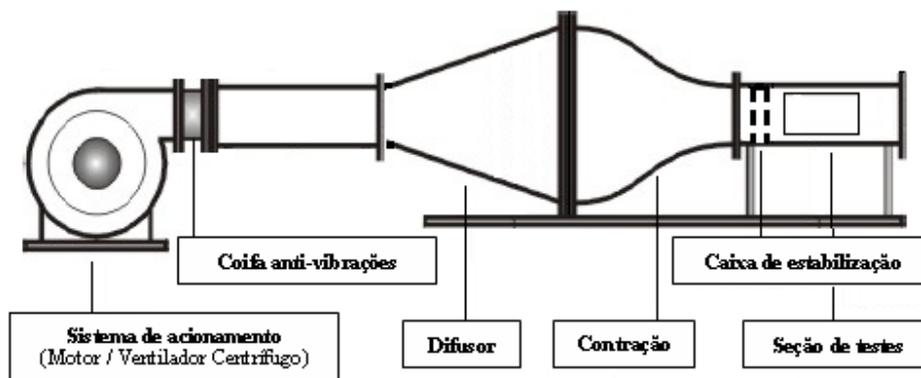


Figura 8. Modelo esquemático do túnel de vento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 9 é apresentado o túnel de vento projetado. Contudo, a etapa de projeto e construção encontra-se em fase final de instrumentação, como balança aerodinâmica e sistema de fumaça para visualização, para as práticas didáticas almejadas.

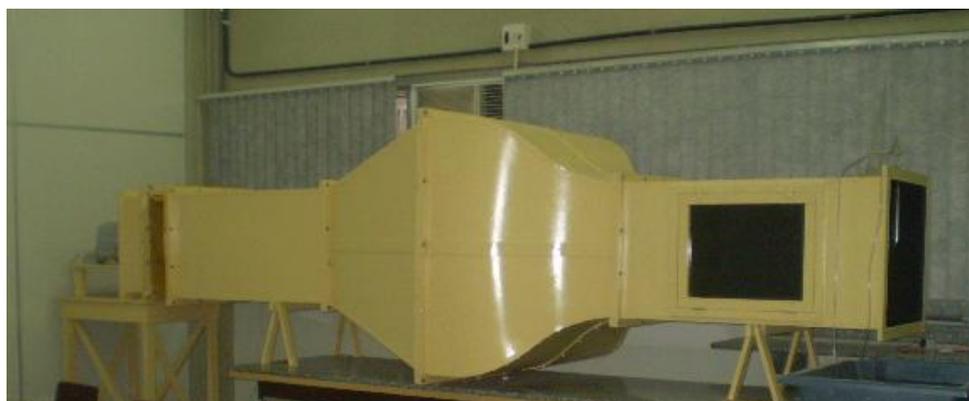


Figura 9. Túnel de vento instalado.

Um importante resultado foi obtido a partir do *star-up* do túnel. Trata-se da necessidade de inclusão ao projeto inicialmente previsto da câmara de expansão com a colméia de uniformização, razão do efeito de rotação imposta ao escoamento pelo ventilador axial. Para os teste iniciais foram utilizados objetos de diferente formatos, escolhido de forma aleatória.

### 4. CONCLUSÕES

Diante dos ensaios realizados no decorrer desta pesquisa, o túnel de vento se comportou de forma satisfatória, tendo atingido o objetivo pelo qual foi construído, sendo este de fácil construção, operação simplificada e de baixo custo. A câmara de expansão com colméia foi fundamental para minimizar o efeito da rotação imposta ao escoamento pelo ventilador axial.

### 5. AGRADECIMENTOS

CAPES; CNPQ; PPGEM - UFRN.

### 6. REFERÊNCIAS

- \_\_\_\_\_. 1998. **Aerodynamics of road vehicles: from fluid mechanics to vehicle engineering** / Syed R. Ahmed.; edited by Wolf-Heinrich Hucho. Warrendale: SAE, 918 p.
- BELL, J. H., MEHTA, R. D. 1989. Boundary-layer predictions for small low speed contractions **American Institute of aeronautics and Astronautics**, v.27, n.3, p. 372-174.
- CANALE, A. 1989. **Automobilística: Dinâmica e Desempenho**. Ed. Érika: São Paulo.

- CATALANO, F. M. 1988. **Projeto, construção e calibração em túnel aerodinâmico de circuito aberto tipo N.P.L. de seção transversal hexagonal.** USP: São Carlos.
- CARREGARI, A. L. 2006. **Estudo do escoamento de ar sobre a carroceria de um ônibus usando programa de CFD e comparação com dados experimentais.** USP: São Carlos.
- GROFF, J. E. A.; ALÉ, J. V. 2000. **Projeto de túnel de vento subsônico de circuito aberto.** Rio Grande do Sul: PUC.
- FOX, R. W. 2001. **Introdução à mecânica dos fluidos.** McDonald, LTC: Rio de Janeiro 504p.
- LARANJA, R. A. C. 2005. **Mecânica dos fluidos.** Ed. ULBRA: Canoas. 87p.
- MEHTA, R. D., BRADSHAW, P. 1979. Design rules for small low speed wind tunnels, **Aeronautical Journal**, v.83, n.827, p. 443-449.

## **7. DIREITOS AUTORAIS**

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



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
*August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil*

## **PROJECT AND CONSTRUCTION OF A TUNNEL OF WIND FOR AERODYNAMIC RESEARCHES**

**Elmo Thiago Lins Cöuras Ford, [elmocouras@hotmail.com](mailto:elmocouras@hotmail.com)<sup>1</sup>**  
**José Ubiragi de Lima Mendes, [ubiragi@ct.ufrn.br](mailto:ubiragi@ct.ufrn.br)<sup>1</sup>**  
**Elisângela Magalhães de Souza, [lis\\_cont@hotmail.com](mailto:lis_cont@hotmail.com)<sup>2</sup>**  
**Edilson Cöuras, [edilsoncouras@hotmail.com](mailto:edilsoncouras@hotmail.com)<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

<sup>2</sup>IESP

<sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba - UFPB

**Abstract.** *The study of the aerodynamics is related to the improvement in the acting of airplanes and automobiles with the objective of being reduced the effect of the attrition of the air on structures, providing larger speeds and smaller consumption of fuel. The application of the knowledge of the aerodynamics not more he/she limits to the aeronautical and automobile industries. In that way, being tried the new demands with relationship to the aerodynamic study in the most several areas of the engineering, this work presents the stages of the project and construction of a wind tunnel for application in aerodynamic rehearsals. Among the several configurations of existent wind tunnels, opted to build open circuit, due to smaller construction complexity and installation; operational simplicity and I cost reduced. Belonging to the type blower, to take advantage of a larger efficiency of the motor; and with difusion so that flowed him of air it wins speed before reaching the section of rehearsals. The guidelines for project were: didactic practices: I study of the layer it limits and analyze of the drainages on proof bodies with different geometries. For the pressure variation in the test section a connected manometer used a pitot tube. Quantitative and qualitative results showed to be satisfactory.*

**Keywords:** *Wind tunnel, Aerodynamics, Drainage of air.*