



**III CONEDU**

CONGRESSO NACIONAL DE  
E D U C A Ç Ã O

## TÚNEL DE VENTO: UM PRODUTO EDUCACIONAL ACESSÍVEL

Artur Moreira Almeida<sup>1</sup>; Valter Rocha da Silva<sup>2</sup>; Gabriel Pimenta Carneiro Campelo<sup>3</sup>; Charlie Salvador<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pernambuco - CAA. E-mail: [pfartur\\_almeida@hotmail.com](mailto:pfartur_almeida@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pernambuco - CAA. E-mail: [valter.rocha@hotmail.com](mailto:valter.rocha@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Pernambuco - CAA. E-mail: [pimentafisica@gmail.com](mailto:pimentafisica@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal da Paraíba - DF. E-mail: [charlie@fisica.ufpb.com](mailto:charlie@fisica.ufpb.com)

**Resumo:** O intuito deste trabalho é desenvolver um túnel de vento que possa ser reproduzido para equipar os laboratórios de Física no Ensino Médio e no Ensino Superior. Este aparato experimental é muito útil para observar os fenômenos aerodinâmicos no ensino da Física: os efeitos da equação de Bernoulli, mais especificamente a equação de Navier-Stokes. Trata-se de um tema bastante presente e estudado exaustivamente em hidrodinâmica na Engenharia, mas rapidamente abordado em Física. O túnel de vento tem como um de seus objetivos simular os efeitos do fluido ao redor ou sobre objetos aerodinâmicos. O aparato experimental em desenvolvimento tem custo reduzido e grau médio de complexidade na montagem, podendo ser aplicado no Ensino Médio e Superior. O experimento que foi proposto neste trabalho tem como umas das fundamentações o uso da experimentação e recurso didático para romper e diluir cada vez mais o ensino tradicional. Este trabalho faz parte do projeto de mestrado realizado na Universidade Federal de Pernambuco – CAA em parceria com a Universidade Federal da Paraíba.

**Palavras Chaves:** Túnel de vento, Baixo custo, Ensino de Física.

### Introdução

Os túneis de vento são equipamentos que proporcionam a simulação do comportamento aerodinâmico do ar em relação a diversos tipos de objetos em escala dimensional, como aviões, carros e até mesmo na construção civil. Sua construção favorece a observação do movimento do ar ao redor dos modelos reduzidos inseridos dentro dele, o que não seria possível realizar em uma situação normal, e verificar qualitativamente o comportamento do vento sobre as formas geométricas por meio dos coeficientes aerodinâmicos.

Estudos experimentais, como ensaios em túnel de vento, ferramentas computacionais e/ou modelos matemáticos, são ferramentas importantes que permitem uma análise das transformações urbanas ou arquitetônicas aplicadas ao tecido urbano (quadras, bairros) ou em áreas pré-definidas na implementação de edifícios (PLATE; PRATA,1999;2005).

Os túneis de vento normalmente são de grande dimensão, assim para a sua construção e manutenção são necessários grandes investimentos financeiros, isto impede demonstrações na área de ensino de física. Para contornar este problema, estamos



desenvolvendo um aparato experimental de custo reduzido e de dimensões que permitam seu fácil transporte a uma sala de aula.

Este projeto tem como parte fundamental, mostrar aos estudantes o comportamento de um fluido escoando em regime laminar e observar como as linhas de corrente se comportam ao contornar o objeto bem como medir a pressão associada a velocidade do fluido verificando como interfere nas forças de sustentação.

Para uma análise no túnel de vento, tem-se o estudo da aerodinâmica de uma asa de avião. A asa de avião é mais curva na parte de cima. Tornando o ar mais rápido na parte de cima do que na de baixo. De acordo com a equação de Bernoulli (Equação 1), a pressão do ar em cima da asa será menor do que na parte de baixo, criando uma força de empuxo que sustenta o avião no ar (figura 1).

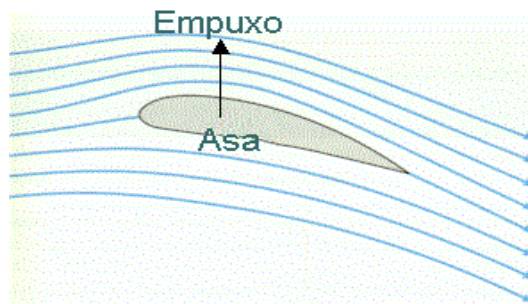


Fig. 1. Imagem da força de sustentação em uma asa de avião. Fonte: Google

A equação de Bernoulli é dada por:

$$P + 1/2 \rho v^2 + \rho gh = \text{constante} \quad [1]$$

Onde:

- $v$  = Velocidade do Fluido
- $g$  = Aceleração da Gravidade
- $h$  = Altura
- $p$  = Pressão
- $\rho$  = Massa específica do fluido

O túnel de vento será capaz de tornar visível as linhas de fluxo de ar, e o aluno perceberá que as linhas acima do perfil da asa de avião estão mais juntas e concluir que a velocidade nesta região será maior que parte de baixo.





**III CONEDU**

CONGRESSO NACIONAL DE  
E D U C A Ç Ã O

Essa transposição didática é esperada em uma futura análise com os alunos de ensino médio.

Considera-se que o Ensino da Física precisa ir além das fórmulas e das aulas tradicionais, deixando de ser apenas um treinamento para uma simples prova, passando a fazer uso de abordagens que possibilitem desenvolver a mente do estudante em Física. A Física é uma disciplina bastante presente no cotidiano, mas a transposição didática é muito pouco utilizada pelos professores, deixando o ensino por vezes muito desagradável para o estudante. As aulas de Física são predominantemente expositivas seguindo o modelo tradicional. Esse tipo de aula centrada no professor e não no aluno (OSTERMANN; MOREIRA, 1999). O papel do professor nesse processo é preencher as lacunas dos alunos (VILLANI, 1984) demonstrando fórmulas e expondo as leis físicas.

De acordo com Heckler, Saraiva e Filho (2007) uma escola onde o professor apresenta aulas em quadro negro e giz e se apresenta como o “detentor do conhecimento”, os alunos são vistos apenas como receptores de informações e as situações de estudos são distantes das experiências cotidianas, não há um bom ambiente de aprendizagem. A falta de estimulação da criatividade e do pensamento questionador transforma a aprendizagem cada vez mais como sendo decorativa e rasa, pois para a maior parte dos alunos, a física não passa de um conjunto de fórmulas matemáticas a serem memorizadas.

O aluno deve ser protagonista da aprendizagem. A construção de experimentos por parte do aluno tem por objetivo propiciar que os alunos participem da construção do conhecimento.

Este trabalho pode ser aplicado nas séries do ensino médio e em cursos graduação, como: física e engenharia.

### **Metodologia**

O protótipo é construído sobre uma estrutura de madeira e fabricado em um material conhecido como XPS com 20mm de espessura. Isto garantirá uma boa rigidez da estrutura com leveza do equipamento. As paredes apresentam superfície lisa para otimizar o fluxo interno do ar aspirado por um rotor. O túnel possui comprimento de 1,20 m com áreas de sucção e exaustão de ar medindo 40 cm<sup>2</sup> (ver Fig. 10). Ao centro, o protótipo possui um estrangulamento com 25 cm de comprimento e uma redução de área que proporciona o aumento da velocidade em um fator  $\pi$ .



Para o início do projeto foi utilizado o software Sketchup para obter uma imagem 3D do túnel de vento e poder fazer uma boa réplica do túnel de vento real (figura 2, 3 e 5). O Sketchup é um programa muito utilizado por arquitetos, designers, construtores, fabricantes e engenheiros.

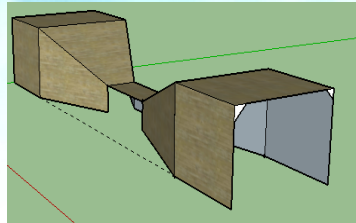


Fig. 2 Visão da entrada do Túnel de vento.  
Desenvolvido com o *software* Google Sketchup.

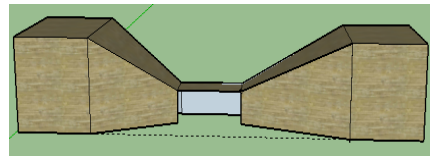


Fig. 3 Visão lateral do Túnel de vento.  
Desenvolvido com o *software* Google Sketchup.

Para alterar o regime de escoamento do fluido de turbulento para laminar foram utilizadas duas estruturas na configuração de colmeia, composta por canudos medindo 5 cm comprimento e dispostos lado a lado. Estas estruturas foram posicionadas na entrada e na saída da região de estrangulamento. A colmeia (ver Fig. 4 e 8) é um dispositivo de guia por onde as linhas de fluxo de ar individuais se tornam paralelas. Em outras palavras, a colmeia tem a função de corrigir a direção de escoamento (BARLOW,1999). Tornando o fluido em camadas, ou lâminas, uma camada escorregando sobre a adjacente havendo somente troca de quantidade de movimento molecular. Qualquer tendência para instabilidade e turbulência é amortecida por forças viscosas de cisalhamento que dificultam o movimento relativo entre as camadas adjacentes do fluido. Um dispositivo de elevação fixado em uma base giratória será instalado na região de fluxo laminar. Nesta base serão posicionados os protótipos em escala.

Uma janela de acrílico será instalada para o acoplamento de uma câmera de vídeo para registro do objeto em estudo. Para a verificação das linhas de corrente será inserido em determinadas posições um pequeno fluxo de fumaça. Inicialmente advindo da condensação do



**III CONEDU**

CONGRESSO NACIONAL DE  
E D U C A Ç Ã O

ar e nitrogênio líquido e depois com glicerina sublimada, utilizada em ambientes de festas para simular neveiro.

O ventilador é um componente importante no projeto do túnel de vento, ele deve atender a demanda do sistema, superar as perdas geradas em cada componente e, assim, fornecer a vazão esperada.

Em uma futura montagem do Túnel de Vento, faremos cortes à laser no MDF para compor a parte da entrada de ar, área de contração, área de difusão e a saída de ar. A câmara de ensaios será composto apenas por acrílico, como também a estrutura da colmeia, deixando o nosso experimento com uma melhor visualização do fluxo que passa pelo protótipo em estudo e mais leve. Como a intenção é levar este produto educacional para equipar os laboratórios das universidades, bem como escolas de ensino médio que muitas delas não possuem laboratórios ou espaços adequados, é prudente que pensemos cada vez mais em materiais leves, assim tornando o traslado do produto educacional de maneira fácil.

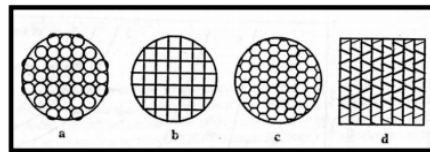


Figura 4 Exemplos de Colmeia.

Em a) circular, em b) quadrada, em c) hexagonal e em d) triangular

Fonte: Barlow, Jewel B. et al., 1999.

Os materiais usados contemplam diversos painéis de madeira compensada montada em uma configuração aerodinâmica, exaustor com controle de velocidade, anemômetro, telas de proteção e pedestal com rodas. Na etapa de pré-construção, foi realizada uma intensa pesquisa sobre os túneis de ventos acompanhada do dimensionamento para um equipamento portátil.

### **Resultados e Discussão**

O protótipo está em fase de construção (Fig. 10) e em breve poderemos fazer as primeiras medidas de velocidade do vento utilizando um anemômetro ultrasônico, bem como, os testes com a fumaça que se mostrou muito eficiente em ensaios em separado, ver (Fig. 9). E para a conclusão do desse projeto, será medidas as forças de sustentação e coeficientes de convecção.

O anemômetro será coloca na entrada de ar e na câmara de ensaios para se obter as velocidades do fluxo de ar e com o uso da equação da





continuidade, poderemos comparar a velocidade da câmara de ensaios que foi aferida pelo anemômetro e da extraída da teoria, dada pela equação da continuidade (Equação 2). Em uma diferença de velocidade da teoria para a prática, poderemos perceber uma possível perda de carga deste fluxo de ar ao chegar a câmara de ensaios e posteriormente minimizar estas perdas.

$$AV = \text{constante} \quad [2]$$

Onde:

- A= Área da seção transversal
- V= Velocidade do Fluido



Fig. 5. Detalhamento estrutural do Túnel de Vento  
Desenvolvido com o *software* Google Sketchup.

A câmara de ensaios e a estrutura da colmeia foram feitas em MDF e seus recortes foram realizadas a laser.



Fig. 6. Imagem da câmara de ensaios. Vista lateral 1.



Fig. 7. Imagem da Câmara de Ensaaios. Vista Lateral 2.

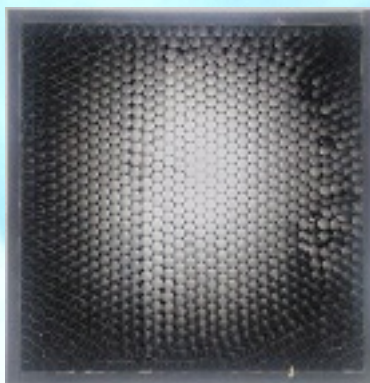


Fig. 8. Imagem da colmeia tipo circular. Vista superior.

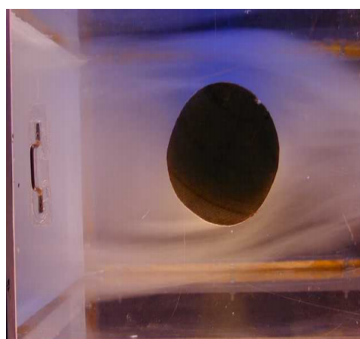


Fig. 9. Ensaio de fumaça contornando uma estrutura cilíndrica. Fonte: google

O nosso projeto tem a intenção de aplicar este produto educacional em turmas do ensino médio, com aproximadamente 25 alunos. Assim, poder observar o quanto este túnel de vento pode facilitar ou melhorar o ensino da Física.

A visualização das linhas de corrente sobre o objeto será o ponto principal para que aluno perceba que a relação entre a velocidade do fluido e a pressão ao longo de uma linha de corrente retrata a teoria.

Considera-se que o Ensino da Física precisa ir além das fórmulas e das aulas tradicionais, deixando de ser apenas um treinamento para o vestibular ou conteúdo de uma simples prova, passando a fazer uso de abordagens que possibilitem desenvolver a mente do estudante em Física. A Física é uma disciplina bastante presente no cotidiano, mas a transposição didática é muito pouco utilizada pelos professores, deixando o ensino por vezes muito desagradável para o estudante. As aulas de Física são predominantemente expositivas seguindo o modelo tradicional. Esse tipo de aula centrada no professor e não no aluno



**III CONEDU**

CONGRESSO NACIONAL DE  
E D U C A Ç Ã O

(OSTERMANN; MOREIRA, 1999). O papel do professor nesse processo é preencher as lacunas dos alunos (VILLANI, 1984) demonstrando fórmulas e expondo as leis físicas.



Fig. 10. Imagem atual do túnel de vento. Vista lateral.

### **Conclusões**

O protótipo do túnel de vento ainda está em etapa de finalização e em breve poderemos realizar os testes de velocidade e observação de fluxo com captura e registro de imagens para posterior estudo. Os ensaios iniciais com as partes em separado se mostraram muito promissores, indicando um provável sucesso na construção deste equipamento. Espera-se que este seja mais um equipamento que possa ser reproduzido de forma relativamente barata para equipar os laboratórios de ensino das escolas e universidades ajudando na compreensão dos fenômenos aerodinâmicos.

O Ensino da Física está cada vez mais percebendo que a utilização de experiências e de outros recursos que se distancie das aulas tradicionais, aos quais foram feitas ao longo dos séculos, possibilita uma melhora no ensino e o despertar do aluno para cursos das ciências exatas e tecnológicas.

### **Referências Bibliográficas**

- PLATE, E. J.; Methods of investigating urban wind fields – physical models, Atmospheric Environment 33, 1999 – pp. 3981 – 3989.
- PRATA, Alessandra Rodrigues. Impacto da altura dos edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano. 2005. 243 f. Tese (Doutoramento em Arquitetura e Urbanismo, Estruturas Ambientais Urbanas) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- BARLOW, B.J.; RAE W.H.; POPE, A. LowSpeed Wind TunnelTesting. 3ª ed. New York:JohnWiley& Sons, 1999.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. A física na formação de professores do ensino fundamental. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1999.
- VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos. Revista de Ensino de Física, vol. 6, nº 2, 1984. Disponível em:





**III CONEDU**

CONGRESSO NACIONAL DE  
**E D U C A Ç Ã O**

<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol06a18.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2014.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. de F. O.; FILHO, K. de S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

(83) 3322.3222

contato@conedu.com.br

[www.conedu.com.br](http://www.conedu.com.br)