

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

MANOELA RAQUEL PEREIRA

TAISE COSTA SANTANA GOMES

TÚNEL DE VENTO

TAUBATÉ-SP
2019

**MANOELA RAQUEL PEREIRA
TAISE COSTA SANTANA GOMES**

TÚNEL DE VENTO

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Aeronáutica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Paulo de Tarso de Moraes Lobo

Taubaté - SP

2019

SIBi - Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

P436t Pereira, Manoela Raquel
 Túnel de vento / Manoela Raquel Pereira, Taise Costa Santana
 Gomes – 2019.
 33f. : il.

 Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento
 de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.

 Orientação: Prof. Me. Paulo de Tarso de Moraes Lobo,
 Departamento de Engenharia Mecânica.

 1. Aerodinâmica. 2. Aeronáutica. 3. Túnel de vento. I. Gomes, Taise
 Costa Santana. II. Graduação em Engenharia Aeronáutica. III. Título.

CDD 629

**MANOELA RAQUEL PEREIRA
TAISE COSTA SANTANA GOMES**

TÚNEL DE VENTO

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Aeronáutica do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté.

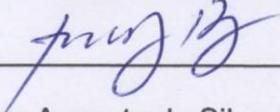
DATA: 28/11/2019

RESULTADO: APROVADO

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Paulo de Tarso de Moraes Lobo

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: 

Prof. Me. Pedro Augusto da Silva Alves

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: 

Aos nossos pais, que sempre nos apoiaram e incentivaram, e
nunca deixaram que desistíssemos do curso; e a Deus que nos
deu força para sempre seguirmos em frente e alcançarmos
nossos objetivos.

Novembro de 2019

DEDICATÓRIA

Aos nossos pais, que sempre nos apoiaram e incentivaram, e nunca deixaram que desistíssemos do curso; e a Deus que nos deu força para sempre seguirmos em frente e alcançarmos nossos objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todas as pessoas, familiares e amigos, que nos ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, mesmo que indiretamente, com o apoio e paciência ao ouvir nossas dúvidas e aflições. Aos nossos pais, que nos ensinaram, com muita sabedoria, com exemplo de vida, honestidade, a seriedade dos valores e princípios para fundamentar nossas escolhas nos caminhos da vida.

Ao nosso orientador, Prof. Me. Paulo de Tarso de Moraes Lobo pelo comprometimento e incentivo para desenvolver com qualidade as etapas da elaboração desse trabalho. A todos os professores e funcionários da Universidade de Taubaté pela atenção imediata, dicas e orientações prestadas ao grupo, que mesmo não sendo nossos orientadores, disponibilizaram um pouco de seu tempo para nos atender, o que nos levou ao desenvolvimento de muitas ideias.

À participação dos professores Pedro Marcelo e Pedro Augusto pela orientação em tantos novos conceitos, garantindo a aplicação prática do nosso conhecimento; temos muito orgulho de participar do quadro acadêmico da Universidade de Taubaté.

"Disse a flor para o pequeno príncipe: É preciso que eu suporte duas ou três larvas se quiser conhecer as borboletas".

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

Os estudos de aerodinâmica são de grande importância em diversas áreas, não só da engenharia, mas também em áreas esportivas, por exemplo. No mundo contemporâneo a relevância que dão a esses estudos vem sendo notável, afinal, ter conhecimento de como determinado corpo reage em atrito com o ar, colabora assim na melhoria de sua eficiência e economiza recursos. No ramo da aeronáutica a margem de erro para um cálculo aerodinâmico é mínima, desta forma a melhor maneira de se obter resultados conclusivos e satisfatórios é a utilização de um túnel de vento. O túnel simula o efeito real do ar sobre os corpos, tendo diferentes classificações conforme a velocidade do fluxo de ar e a sua forma. Com o uso do túnel de vento é possível a obtenção de resultados reais, melhorando não só a aerodinâmica de um corpo, mas também sua estabilidade e desempenho.

Palavras-chaves: Aerodinâmica, aeronáutica, túnel de vento.

ABSTRACT

Aerodynamics studies are of great importance in various areas, not only engineering, but also in sports, for example. In the contemporary world the relevance they give to these studies has been remarkable, after all, having knowledge of how a particular body reacts in friction with the air, thus contributes to improving its efficiency and saves resources. In aeronautics the margin of error for aerodynamic calculation is minimal, so the best way to obtain conclusive and satisfactory results is to use a wind tunnel. The tunnel simulates the actual effect of air on bodies, having different classifications according to airflow velocity and shape. Using the wind tunnel is possible to obtain real results, improving not only the aerodynamics of a body, but also its stability and performance.

Keywords: Aerodynamics, aeronautics, wind tunnel.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquema de funcionamento Circuito Fechado	5
FIGURA 2 – Características geométricas de um perfil aerodinâmico.....	6
FIGURA 3 – (A) Contração e (B) Difusor	8
FIGURA 4 – Planta Final do Túnel.....	9
FIGURA 5 – Placa Revestida	10
FIGURA 6 – Cano de PVC	10
FIGURA 7 – Caixa de alumínio do exaustor	11
FIGURA 8 – (A) Motor e (B) Hélice.....	11
FIGURA 9 – Caixa organizadora	12
FIGURA 10 – Alisador de Fluxo.....	13
FIGURA 11 – Difusor e Contração, (A) vista frontal e (B) vista lateral	14
FIGURA 12 – Os dois lados da Sessão de Testes	14
FIGURA 13 – Exaustor montado	15
FIGURA 14 – O Túnel de Vento completo	15
FIGURA 15 – Cata-vento vertical adaptado	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NASA	Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
PVC	Policloreto de polivinila

LISTA DE SÍMBOLOS

m	metro
XIX	dezenove
m/s	metro/segundo
CLmax	coeficiente de sustentação máximo da asa
α	alfa
"	polegada
mm	milímetro
W	watt

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVO	2
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Histórico	3
3.2. Classificações	3
3.2.1. Velocidade do fluxo de ar.....	3
3.2.2. Forma	4
3.2.3. Utilização	5
3.3. Aerodinâmica	6
3.3.1. Teoria de perfil aerodinâmico.....	6
3.3.2. Seleção e desempenho de um perfil aerodinâmico.....	6
3.3.3. Estol.....	7
4 - METODOLOGIA	8
4.1. Materiais	9
5 - CONSTRUÇÃO	13
5.1. Alisador de fluxo.....	13
5.2. Contração e Difusor	13
5.3. Sessões de Trabalho	14
5.4. Sessão de Testes	14
5.5. Exaustor.....	15
5.6. O Túnel	15
6 - RESULTADOS	16
7 - CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
ANEXO A – Planta do Túnel de Vento	20
ANEXO B – Características Técnicas do Motor	21

1 - INTRODUÇÃO

Estudar aerodinâmica era algo mais voltado para a área automotiva e aeronáutica, que tem por objetivo fabricar algo com o melhor perfil geométrico, tendo um menor atrito com o ar. Com o avanço da tecnologia o estudo da aerodinâmica vem abrangendo diversas áreas, como a área de engenharia civil e até mesmo a área esportiva.

O objetivo de um túnel de vento é simular condições de uso nos objetos, estudando o efeito do ar sobre ou ao redor dos objetos sólidos, fornecendo assim informações necessárias para se solucionar problemas aerodinâmicos. Existem diferentes tipos de túneis de vento, sendo classificados comparando-se a velocidade do vento com a velocidade do som, se a velocidade do vento é menor que a do som são chamados de subsônicos, se a velocidade do vento é maior que a do som, supersônicos, entre outras classificações. Os túneis de vento têm duas configurações básicas, circuito aberto e circuito fechado e podem ser usados em diversas áreas.

Normalmente os túneis de vento tem uma grande dimensão, alguns de dimensão tão grande que acomoda em escala real pequenos aviões e automóveis, um túnel de seção grande necessita de grandes investimentos financeiros, sendo assim o objetivo do trabalho é a construção de um túnel de vento de pequeno porte de aproximadamente 1,5 m de comprimento e 0,37 m de largura, tendo em vista um baixo custo, que vai permitir parâmetros aerodinâmicos em protótipos.

2 - OBJETIVO

Construção de um túnel de vento de menor escala com materiais de fácil acesso pelos estudantes, para ensaios aerodinâmicos. Aplicando assim os conhecimentos obtidos em sala, juntamente com a prática, além de incentivar e mostrar a importância dos estudos na área de aerodinâmica.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Histórico

Os túneis de vento foram criados há quase 150 anos, sendo o início de seu uso no final do século XIX, usado para medir o fluxo de ar. Após os períodos de guerra, engenheiros automobilísticos viram vantagens em fazer o uso do túnel de vento, para medir a eficiência dos dispositivos aerodinâmicos nos automóveis.

Antigamente os túneis de vento eram simplesmente dutos com ventiladores, o que gerava uma corrente de ar irregular, atualmente há modelos com corrente de ar mais suave. Eles são usados em simulações, em laboratórios sob condições controladas, mostrando serem úteis em diversas áreas de atuação. Os modelos em menor escala, só se tornaram realidade após a descoberta da teoria da semelhança mecânica por Isaac Newton e do teorema de Bridgman.

A indústria aerodinâmica usa estes túneis de vento para testar modelos de aviões propostos. No túnel, o engenheiro pode controlar cuidadosamente o fluxo e as condições que afetam as forças no avião. Ao fazer medições precisas das forças sobre o modelo, o engenheiro pode prever as forças da aeronave. Usando técnicas especiais de diagnóstico, o engenheiro pode entender melhor e melhorar o desempenho do projeto da aeronave. Os túneis de vento são projetados para um propósito específico e para faixas de velocidades. Portanto, há muitos tipos diferentes de túneis de vento e várias maneiras de classificá-los (SANTOS).

3.2. Classificações

Os túneis de vento possuem diversas classificações, podendo ser baseadas na velocidade do fluxo de ar e na sua forma.

3.2.1. Velocidade do fluxo de ar

Subsônico: Baixa velocidade, atingindo até 135m/s, sendo preferível em termos de Mach, ou seja, em torno de 0,4 mach. Este tipo de túneis de vento é mais rentável, devido à simplicidade do design e baixa velocidade do vento. Geralmente os túneis de vento de baixa velocidade são encontrados em escolas devido ao baixo orçamento (SANTOS)

Transônicos: Velocidade máxima de 340m/s, ou seja, Mach 1. Muito usado na aeronáutica por ter velocidade próxima a velocidade operacional dos aviões. Estes túneis de vento são muito comuns na indústria aeronáutica, pois, maioria dos aviões operam em torno desta velocidade (SANTOS)

Supersônicos: Velocidade varia de 1 Mach até 5 Mach. Possui requisitos de energia muito elevados.

Hipersônicos: A velocidade nessa classificação pode variar entre mach 5 e mach 15.

Tanto o supersônico, quanto o hipersônico só são possíveis através de bocais de divergentes.

3.2.2. Forma

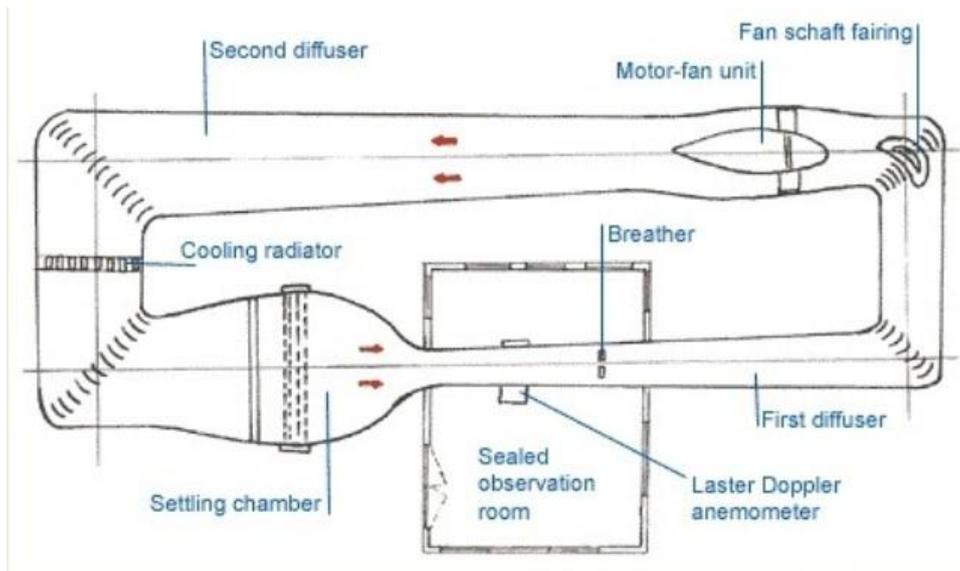
Circuito aberto: Esse modelo é aberto em ambas as extremidades o seu maior defeito é que possui uma grande possibilidade de entrar partículas de sujeira precisando de um trabalho dobrado. Essa categoria é subdividida em mais duas Suckdown e Ventilador.

A) Túnel Suckdown: tem a entrada aberta para a atmosfera e um ventilador instalado após a seção de teste. Não é muito escolhido por ter uma entrada turbulenta.

B) Túnel Ventilador: tem na entrada um ventilador instalado empurrando o ar para dentro.

Circuito fechado: o ar circula no sistema de uma forma regulada. As chances de sujeira que entrem no sistema são muito baixas. O fluxo é mais uniforme do que no tipo aberto. A indústria aerodinâmica usa estes túneis de vento para testar modelos de aviões propostos (SANTOS). Mostrado na figura 1.

Figura 1 – Esquema de funcionamento Circuito Fechado.



Fonte: SANTOS.

3.2.3. Utilização

Os túneis podem ser utilizados em laboratórios a fim de determinar parâmetros em diversas áreas da engenharia. Usados para medir a resistência ao ar sobre um determinado objeto, sendo que o objeto a ser estudado não se move dentro do túnel, o que dá ao teste realidade são os ventiladores, que criam ventos de diferentes velocidades, possibilitando que os computadores calculem o coeficiente de arrasto. Tendo conhecimento em aerodinâmica, no caso de aviões, é possível se projetar o desenho das asas e de outras partes do avião que influenciam na performance. A aerodinâmica depende do escoamento do ar, e ambos são responsáveis pela sustentação da aeronave.

Há túneis em diferentes tamanhos, alguns permitem que o avião seja testado em tamanho real e outros túneis, somente modelos em escala.

Além do ramo aeronáutico, são muito utilizados por empresas que participam da Fórmula 1 e outras, aprimorando o desempenho de seus bólidos de competição. Também são usados em construção civil, principalmente em regiões onde é comum ocorrer fenômenos naturais como os furacões.

De uns anos pra cá o uso de túneis de vento vem decaindo, por que o custo de produção é muito elevado sendo muitas vezes de milhões de dólares como os

túneis da NASA, muitos programas de computador conseguem fazer a simulação necessária.

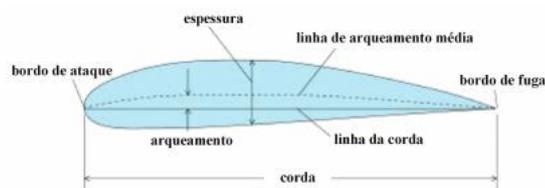
3.3. Aerodinâmica

A aerodinâmica é o estudo da interação de um determinado corpo com o ar. Esta diretamente ligada com a estabilidade e o desempenho. Para se obter um bom projeto de engenharia é necessário que se estude a aerodinâmica de um corpo, pois quanto menor for a resistência do ar, enfrentada pelo corpo, menos será gasto com combustível, isso é definido pelo coeficiente aerodinâmico. As aeronaves apresentam um número mínimo de coeficiente equivalente a 0,015, ou seja a eficiência aerodinâmica de uma aeronave tem que ser excelente. O melhor exemplo de como a aeronave interage com o ar são as asas, elas empurram o ar pra baixo, o que impulsiona a aeronave para cima, mantendo-a em voo.

3.3.1. Teoria de perfil aerodinâmico

Um perfil aerodinâmico é uma superfície projetada com a finalidade de se obter uma reação aerodinâmica a partir do escoamento do fluido ao seu redor. Os termos aerofólio ou perfil aerodinâmico são empregados como nomenclatura dessa superfície. (MIRANDA).

Figura 2 – Características geométricas de um perfil aerodinâmico.



Fonte: MIRANDA.

3.3.2. Seleção e desempenho de um perfil aerodinâmico

Para a construção de um melhor perfil é necessário que se leve em consideração alguns fatores que influenciam diretamente no desempenho da aeronave, sendo alguns deles:

- Número de Reynolds;

- Características aerodinâmicas;
- Dimensões;
- Escoamento;
- Velocidade de operação;
- Eficiência;
- Limitação operacional.

Cada perfil possui suas características próprias, que conseqüentemente dependem da sua forma geométrica, dimensão, arqueamento, espessura e raio do bordo de ataque. As principais características aerodinâmicas de um perfil são o coeficiente de sustentação, o coeficiente de arrasto, o coeficiente de momento, a posição do centro aerodinâmico e a sua eficiência aerodinâmica. (MIRANDA).

3.3.3. Estol

O estol em uma aeronave é conhecido também como perda de sustentação, e está diretamente ligado ao ângulo de ataque máximo e ao coeficiente de sustentação máximo da asa (CL_{max}). (BIASI). Quando o ângulo de ataque aumenta o coeficiente de sustentação também aumenta, mas há um limite máximo para o valor do coeficiente de sustentação da asa.

Atingido este limite, ocorre o descolamento do fluxo de ar da parte superior da asa, gerado pelo gradiente adverso de pressão. Conforme o ângulo de ataque aumenta, o gradiente de pressão adverso também aumenta, e para um determinado valor de α , ocorre a separação do escoamento no extradorso da asa de maneira repentina. (BIASI).

4 - METODOLOGIA

Para o começo do projeto foi disponibilizado pelo orientador o projeto de um pequeno túnel de 7"x10" (polegadas). Onde esse projeto foi utilizado para embasar a planta desse projeto. Por conta de o projeto recebido ser em inglês foi necessário mudar a metragem de todo o projeto.

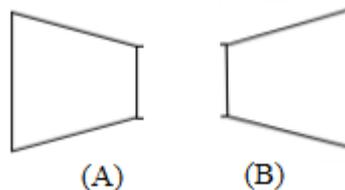
Após analisar o material didático, fez-se necessário a busca de mais referências, assim foram analisadas diversas literaturas relacionadas com túneis de vento, sua construção e aerodinâmica disponíveis online e também as que estavam disponíveis no acervo da biblioteca da universidade os materiais que dispunham do assunto.

Fez-se necessário o estudo de como a montagem e o material utilizado interfere diretamente no processo sendo esse um dos principais pontos da pesquisa teórica do projeto. Entendeu-se que a dimensão das sessões tem relação direta com a velocidade no interior do túnel, deixando o dimensionamento final mais complexo.

Foi observado durante o estudo que dentre todas as partes do túnel quatro mereciam atenção especial: a Contração, o Difusor, o Exaustor e o Alisador de fluxo.

A Contração e o Difusor têm as suas extremidades de tamanhos diferentes conforme a figura 3. A Contração, que vem entre o do Alisador de Fluxo e a Sessão de Trabalho 1, tem como função acelerar o escoamento do fluido em direção a sessão de testes. Já o Difusor, que fica entre a Sessão de trabalho 2 e o Exaustor tem a responsabilidade de recuperar a queda da pressão estática.

Figura 3 – (A) Contração e (B) Difusor.

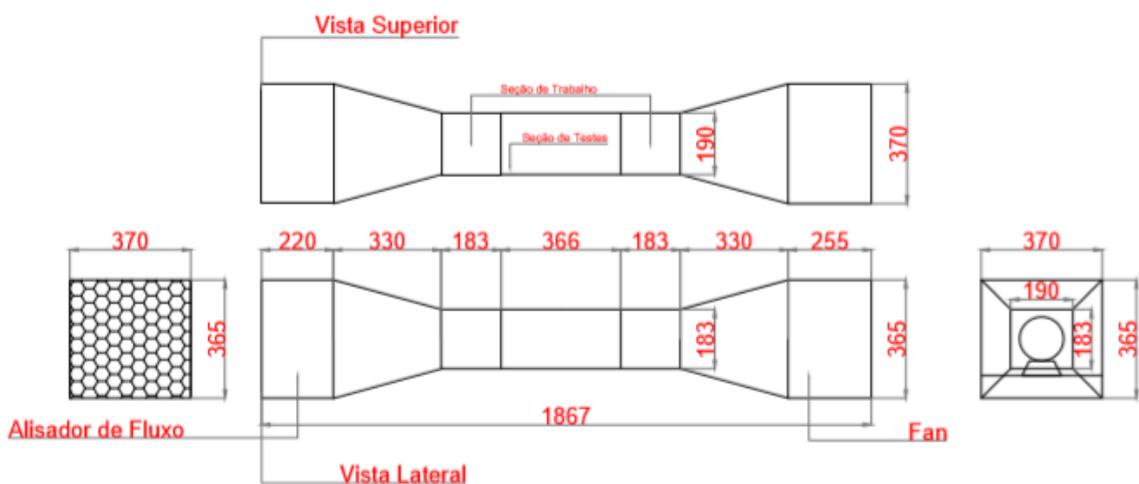


Fonte: Autor.

O Exaustor e o Alisador de Fluxo possuem as mesmas medidas. O Exaustor tem a função de forçar a saída do fluido para fora, fazendo com que o fluido seja obrigado a percorrer todo o túnel. Já o Alisador de Fluxo tem a função de distribuir a velocidade uniformemente diminuindo a turbulência.

Após a análise, chegou-se nas dimensões finais do projeto conforme a figura 4, que geraram o melhor custo e eficiência.

Figura 4 – Planta Final do Túnel, medida em mm.



Fonte: Autor.

Com as medidas estipuladas, um novo estudo se fez necessário para a escolha do material que seria utilizado. Tendo em vista que as necessidades do projeto se pensaram em 3 materiais para a estrutura: Madeira, Alumínio e Depron. Levando em conta seus benefícios e valores, foram analisados entre si e ao fim da comparação optou-se por utilizar o Depron.

4.1. Materiais

Para a estrutura optou-se pelo uso do Depron revestido com cartolinas, comercializado como Placa Revestida. Foram compradas 5 placas, com a espessura de 5mm, 640mm de largura e 940mm de comprimento conforme mostra a figura 5.

Figura 5 – Placa Revestida.



Fonte: Autor.

Para o interior do Alisador de Fluxo foram utilizados canos de PVC com o diâmetro de 1½" mostrado na figura 6. Foram comprados 28 metros de cano.

Figura 6 – Cano de PVC.



Fonte: Autor.

Para a estrutura do Exaustor foi comprado uma caixa de alumínio pré-fabricada nas dimensões de 370 mm x 365 mm x 255 mm, mostrado na figura 7. Também foi comprada uma base de alumínio com 70 mm de altura.

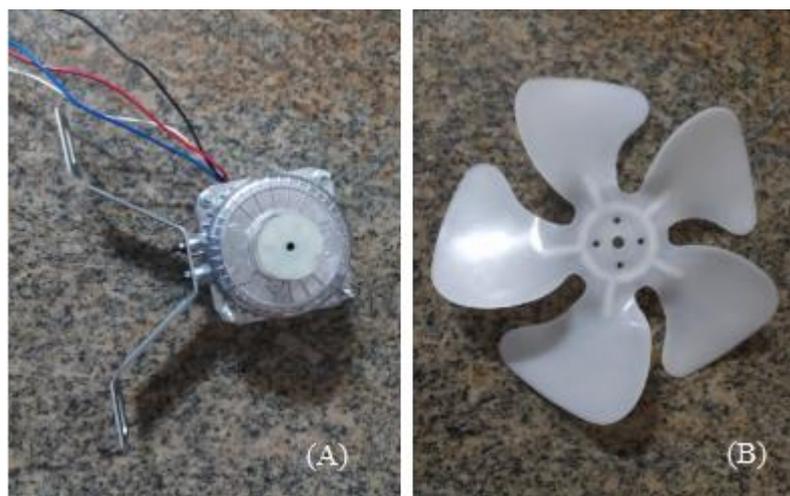
Figura 7 – Caixa de alumínio do exaustor.



Fonte: Autor.

Foi comprado um motor de 6W, marca ELGIN que vem acompanhado de uma hélice de plástico de 270 mm de diâmetro e uma base para o motor, mostrado na figura 8.

Figura 8 – (A) Motor e (B) Hélice.



Fonte: Autor.

Para a construção da seção de trabalho além da placa revestida foi comprado uma caixa organizadora de plástico, mostrada na figura 9.

Figura 9 – Caixa organizadora.



Fonte: Autor.

Além desses já citados foram utilizados os seguintes materiais:

- Cola de secagem rápida;
- Cola de isopor;
- Rebites;
- Fita isolante;
- Estilete;
- Régua;
- Furadeira;
- Velcro;
- Botão chave gangorra.

5 - CONSTRUÇÃO

5.1. Alisador de Fluxo

Para a construção do Alisador de Fluxo a placa revestida foi cortada usando um estilete com o auxílio de uma régua. Foram cortados dois pedaços de 220 mm x 365 mm para serem utilizados como paredes e dois pedaços de 370 mm x 220 mm que foram utilizados como base e teto. Esses pedaços foram colados, usando a cola de isopor e cola de secagem rápida, formando um retângulo. Os canos de PVC foram cortados em pedaços de 220 mm e colados como mostrado na figura 10.

Figura 10 – Alisador de Fluxo.

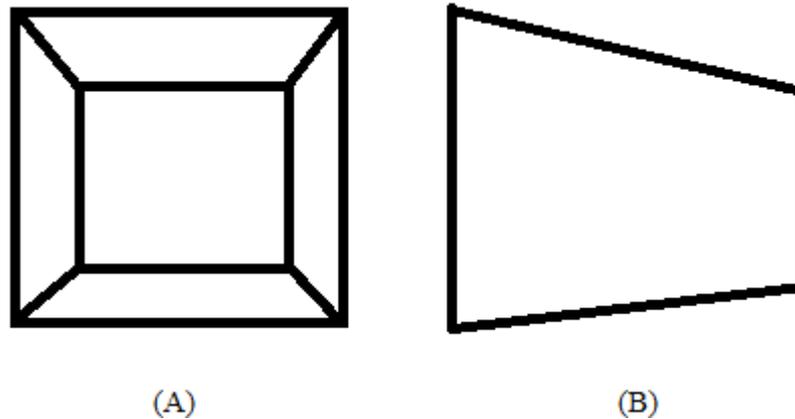


Fonte: Autor.

5.2. Contração e Difusor

Para a Contração e o Difusor a placa revestida foi cortada em oito pedaços. Quatro pedaços utilizados como paredes de 365 mm de largura em uma das extremidades, 183 mm de largura na outra extremidade e 330 mm de comprimento. E outros quatro pedaços utilizados como base e teto de 370 mm de largura em uma extremidade, 190 mm de largura na outra extremidade e 330 mm de comprimento. Os pedaços foram colados, mostrado na ilustração da figura 11.

Figura 11 – Difusor e Contração, (A) vista frontal e (B) vista lateral.



Fonte: Autor.

5.3. Sessões de Trabalho

Para as Sessões de Trabalho a placa revestida foi cortada em oito pedaços. Quatro pedaços utilizados como paredes de 183 mm x 183 mm e quatro pedaços utilizados como base e teto de 190 mm x 183 mm. Os pedaços foram colados formando um retângulo.

5.4. Sessão de Testes

Para a construção da Sessão de Testes a placa revestida foi cortada em dois pedaços de 183 mm x 60,5 mm. A caixa organizadora teve dois pedaços retirados um de 245 mm x 183 mm e o outro de 366 mm x 183 mm. Os pedaços foram colados como mostrado na figura 12.

Figura 12 – Os dois lados da Sessão de Testes.

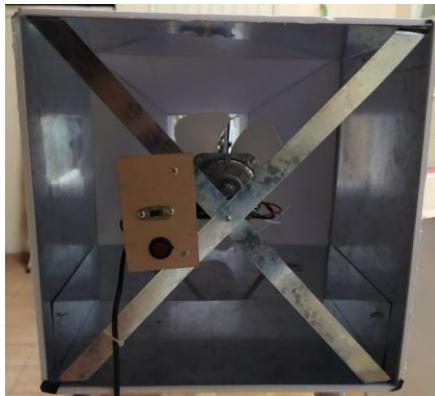


Fonte: Autor.

5.5. Exaustor

Para a construção do Exaustor a hélice foi encaixada no motor que por sua vez foi encaixado na base da caixa de alumínio. Os fios foram soldados no motor e no botão chave gangorra e o botão encaixado na caixa de alumínio. A caixa por sua vez foi envolvida por quatro pedaços da placa revestida, dois pedaços que foram utilizados como paredes de 366 mm x 22 mm e dois pedaços que foram utilizados como base e teto de 370 mm x 22 mm. A figura 13 mostra o Exaustor já montado.

Figura 13 – Exaustor montado.



Fonte: Autor.

5.6. O Túnel

Com todas as partes prontas começou o processo de montagem onde todos os pedaços foram colados com cola de isopor e cola de secagem rápida e com fita isolante para evitar qualquer escape. A figura 14 mostra o resultado final.

Figura 14 – O Túnel de Vento completo.



Fonte: Autor.

6 - RESULTADOS

Devido a elevado preço de um anemômetro, que elevaria muito o preço do projeto, e a falta da disponibilidade do equipamento da universidade não foi possível medir a velocidade do escoamento dentro do túnel. Foi cogitada a possibilidade da construção de um tubo de Pitot para o mesmo fim porém o exaustor não tem potência suficiente para o tubo de Pitot ter o efeito desejado.

Por isso o perfil aerodinâmico que iria ser feito para testes não foi concluído, pois sem a velocidade do escoamento do fluido no túnel não foi possível determinar qual seria o melhor material para a construção do perfil de testes, pois o mesmo deveria ser resistente para não se danificar com o escoamento.

O túnel por sua vez se mostrou totalmente funcional, para mostrar o seu funcionamento foi utilizado um pequeno e adaptado cata-vento vertical, mostrado na figura 15.

Figura 15 – Cata-vento vertical adaptado.



Fonte: Autor.

O cata-vento foi colado em dois lugares para testes, atrás do exaustor e na sessão de testes. Colocando atrás do exaustor é possível ter uma ideia visual da velocidade que o fluido está escoando do túnel naquele pedaço. Comparando a velocidade visualmente do cata-vento nos dois lugares é possível afirmar que na sessão de testes o escoamento do fluido é maior. Isso se deve ao fato de o fluido ter passado pela contração, que acelera o escoamento.

7- CONCLUSÃO

Com o presente trabalho foi possível concluir que o projeto feito durante o estudo se tornou eficiente, o túnel se tornou funcional apesar do exaustor ter uma baixa potência para o projeto. Para a utilização em novos testes com perfis aerodinâmicos recomenda-se a substituição do motor e uma maior hélice.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, José Carlos. **Construção de um Mini Túnel de Vento Horizontal de Bancada para Estudos de Aerodinâmica.** 2012. Disponível em: <http://www.faccamp.br/new/arq/pdf/graduacao/cursos/licenciatura/fisica/iniciacaoCientifica/poster_IC_josE_TuNEL_DE_VENTO_2012.pdf>. Acesso em 15 abril 2019.

BIASI, Fábio Augusto. **Características do estol nas asas das aeronaves.** 2010. Disponível em: <<http://www.engbrasil.eng.br/revista/v212010/artigos/artigo8v212010.pdf>>. Acesso em 20 junho 2019.

COUTINHO, Felipe. **Projeto de um Túnel de Vento Subsônico do Tipo Soprador.** 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10012170.pdf>>. Acesso em 12 abril 2019.

DA PAZ SENA, João Paulo. **Análise Experimental do Escoamento Admitido Pelo Bocal de Entrada do Túnel de Vento de Ensino e Pesquisa do ITA.** 2006. 180. Tese de mestrado em ciências – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/000551221.pdf>>. Acesso em 10 abril 2019.

ELABORAÇÃO DE TÚNEL DE VENTO PARA APLICAÇÕES DE ENSAIOS AERODINÂMICOS. 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/taise/Downloads/elaborao%20de%20tnel%20de%20vento%20para%20aplicaes%20de%20ensaios%20aerodinmicos%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/taise/Downloads/elaborao%20de%20tnel%20de%20vento%20para%20aplicaes%20de%20ensaios%20aerodinmicos%20(1).pdf)>. Acesso em 12 abril 2019.

FARIA, Amanda. F. **Análise Experimental do Escoamento Atmosférico no Centro de Lançamentos de Alcântara utilizando Túnel de Vento.** 2016. 130f. Dissertação de mestrado em Ciências e Tecnologias Espaciais – Instituto de Tecnologia de Aeronáutica, São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/71477.pdf>>. Acesso em 10 abril 2019.

MIRANDA, Luiz Eduardo. **Fundamentos da engenharia aeronáutica com Aplicações ao projeto SAE-AeroDesign: Aerodinâmica e Desempenho**. 2014. Disponível em : <<http://www.engbrasil.eng.br/livros/v1.pdf>>. Acesso em 20 junho 2019.

MUNDO ESTRANHO. **O que é aerodinâmica?**. Super Interessante. 2011. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-e-aerodinamica/>>. Acesso em 15 maio 2019.

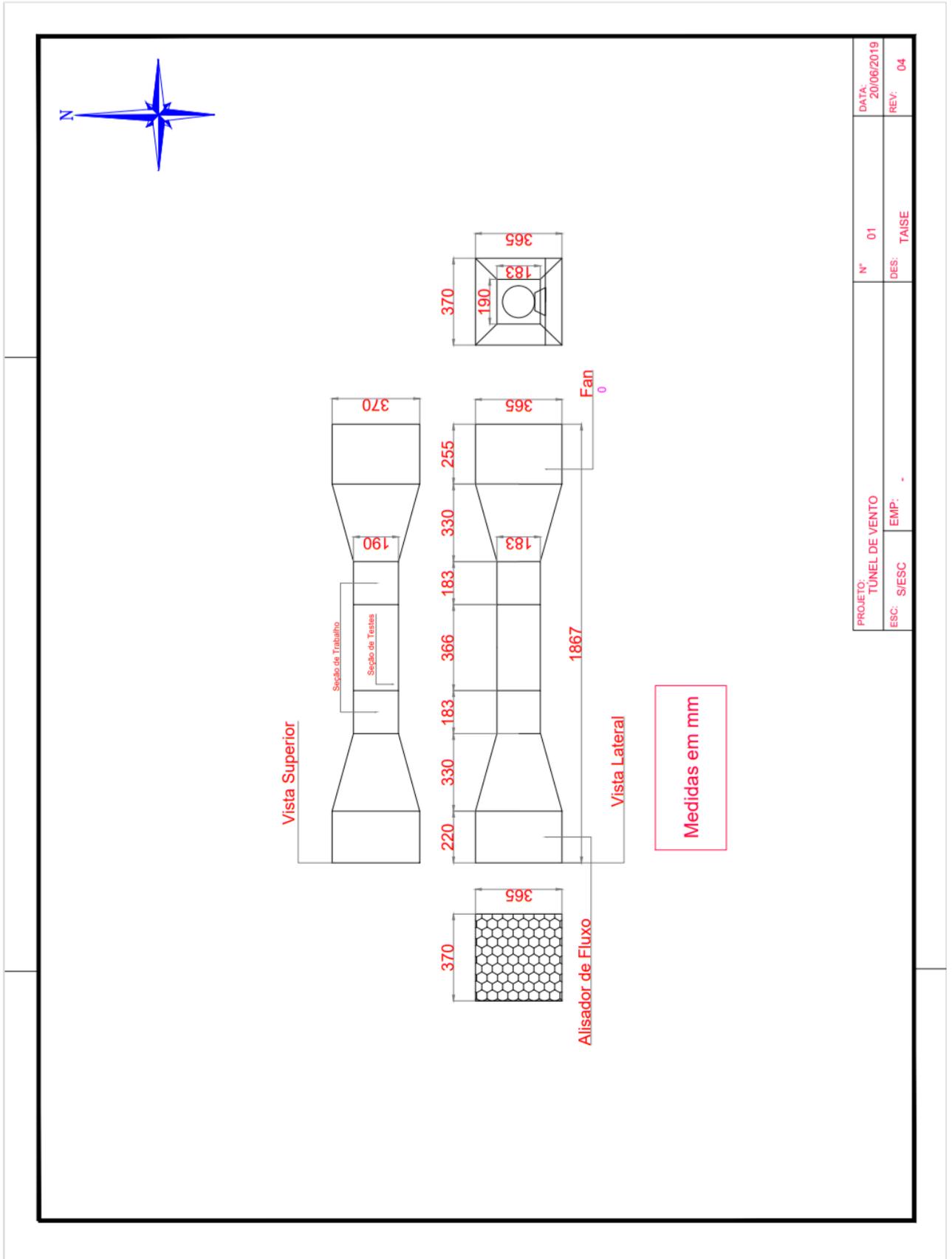
OLIVEIRA, R.P., DALMOLIN V., HAUS, T.L. **Fabricação de um túnel de vento de circuito aberto para testes visuais em modelos geométricos**. 2014/2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/taise/Downloads/28-50-1-SM.pdf>>. Acesso em 13 abril 2019.

TÚNEL DE VENTO. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/T%C3%BAnel_de_vento>. Acesso em 16 abril 2019.

TÚNEIS DE VENTO. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAe6OsAH/tuneis-vento-trabalho>>. Acesso em 13 abril 2019.

SIMÕES, A.C., SANTOS, F.J., PELEGRINI, M. F., CARVALHO, R., WOISKI, E. R. **Modelagem matemática para a construção de um túnel de vento**, in: Anais do IX Congresso Brasileiro de Estudantes de Engenharia Mecânica - CREEM, Itajubá-MG, agosto de 2002

ANEXO A – Planta do Túnel de Vento



Medidas em mm

ANEXO B – Características Técnicas do Motor

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TECHNICAL FEATURES

Modelo / Modelo / Model	127V - 60Hz.			127-220V - 60Hz			220V - 50-60Hz			Consumo / Consumo / Input [W]	Corrente / Corriente / Current [A]	Vazão / Caudal / Air Flow [m ³ /h] 50/60Hz	Material / Material / Material	Hélice / Hélice / Propeller	Fixação / Fijación / Fixture	Acessórios / Accesorios / Accessories	Cabo / Cable / Cable	Proteção Térmica / Protección Térmica / Thermal Protection
	MM / MC 11 B	x	44	0,46 / 0,23	- / 550	P	8"	x	x									
1/40 8 mHP 6 W	MM / MC 11 B	x	44	0,46 / 0,23	- / 550	P	8"		x	x	x							
	MM / MC 11 AB		x	44	0,46 / 0,23	- / 600	A	8"		x	x							
1/40 11 mHP 8 W	EL 11 D	x	33	0,53	- / 520	P	8"		x	x	x					x	x	
	EL 11 AD	x	33	0,53	- / 520	A	8"		x	x	x					x	x	
	EL 11 E		x	33	0,27	450 / 520	P	8"		x	x	x				x	x	
	EL 11 AE		x	33	0,27	500 / 570	A	8"		x	x	x				x	x	
	EL 11 EFT		x	33	0,27	500 / 570	A	8"	x	x	x					x	x	
	EL 11 ESC 06A		x	30	0,19	200 / 320	A	6"			x	x					x	x
	EL 11 ESC 08A		x	33	0,27	500 / 570	A	8"		x	x						x	x
EC 08 E		x	6	0,07	510 / 560	P	8"		x	x	x					x	x	
1/25 16 mHP 12 W	MM / MC 20 B		x	55	0,66 / 0,33	- / 950	P	10"		x	x	x				x		
	MM / MC 20 AB		x	55	0,66 / 0,33	- / 950	A	10"		x	x	x				x		
1/25 20 mHP 15 W	EL 20 AD	x	45	0,85	- / 950	A	10"		x	x	x					x	x	
	EL 20 E		x	45	0,45	910 / 1.050	P	10"		x	x	x				x	x	
	EL 20 AE		x	45	0,45	910 / 1.050	A	10"		x	x	x				x	x	
	EC 20 E		x	16	0,143	890 / 987	P	10"		x	x	x				x	x	
1/20 25 mHP 19 W	EL 25 E		x	58	0,52	1.000 / 1.150	P	10"		x	x	x				x	x	
	EL 25 AE		x	58	0,52	1.000 / 1.150	A	10"		x	x	x				x	x	
1/18 30 mHP 23 W	EL 30 AE		x	68	0,55	1.408 / 1.620	A	12"		x	x	x				x	x	

Fluxo de ar - Exaustor
Flujo de aire - Extractor
Air Flow - Sucking

Rotação: 50/60Hz - 1.300 / 1.500 RPM
Rotación: 50/60Hz - 1.300 / 1.500 RPM
Rotation: 50/60Hz - 1.300 / 1.500 RPM

Cabo 500mm
Cable 500mm
Cable 500mm

Bucha: Ferro Sinterizado
Buje: Hierro Sinterizado
Sleeve: Sintered Iron

Detalhes da hélice / Sistema de fixação:
Detalle da hélice / Sistema de fijación:
Propeller details / Fixation system:

Modelo Modelo Model	Dimensões Dimensiones Dimensions									Peso Peso Weight [kg]
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
MC 11	197	161	26	109	61	203	103	63	64	0,85
MC 20	172	148	14	134	86	254	105	70	66	1,15
EL 11	197	161	26	109	61	203	103	70	68	0,85
EL 20	172	148	14	134	86	254	111	75	73	1,30
EL 25	172	148	14	134	86	254	116	80	76	1,60
EL 30	172	148	14	134	86	300	116	80	76	1,67
EC 08	197	148	14	134	86	254	105	70	66	0,65
EC 20	172	148	14	134	86	254	111	75	73	0,85

