



PROJETO DE ESTEIRA ROLANTE EM TÚNEL DE VENTO PARA O ESTUDO DE ESCOAMENTO EM TORNO DE VEÍCULOS TERRESTRES

Marcos Heduardo Pereira da Silva, marcos_heduardo@hotmail.com¹

Raul Victor Teixeira Rosseto, raul07_rosseto@hotmail.com¹

Fernando Augusto Alves Mendes, fernandomendes@ufgd.edu.br¹

Augusto Salomão Bornschlegell, augustosalomao@ufgd.edu.br¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados, Rua João Rosa Góes, 1761 – Vila Progresso, Dourados – MS, 79825-070

Resumo. *O presente trabalho consiste no projeto de uma esteira rolante adaptada para as dimensões do túnel de vento modelo AA-TVSH1 da AeroAlcool. Se trata de um túnel de vento subsônico, em circuito aberto e aspirado. Na sua configuração original, as paredes da seção de testes são estáticas. Visto que, para a modelagem do escoamento em torno de veículos terrestres, é necessária a reprodução do movimento relativo entre o veículo e o solo, adaptações na configuração original são necessárias. Desta forma, o presente trabalho expõe o projeto de uma esteira de rodagem, a ser instalada na parte inferior da seção de testes. A esteira tem por objetivo simular as condições reais de rodagem de um veículo terrestre, anulando o desenvolvimento da camada limite sobre a superfície do túnel de vento. Sua construção possibilitará a abordagem do assunto tanto em temas de pesquisa quanto de ensino.*

Palavras chave: CAD. Escoamento. Esteira rolante. Túnel de vento. Veículos terrestres.

1. INTRODUÇÃO

O túnel de vento é um aparato que propicia a modelagem e o estudo do escoamento externo em torno de diferentes objetos. Nele é possível modelar condições reais de diferentes problemas envolvendo escoamento externo, como por exemplo, o escoamento em torno de corpos rombudos e aerodinâmicos. A aerodinâmica é a área responsável pelo estudo das forças exercidas pelo escoamento sobre esses corpos (ÇENGEL E CIMBALA, 2015). O fluido em movimento, ao se desviar de um corpo de prova, gera uma distribuição de pressão em torno deste corpo. Esta distribuição de pressão gera, por consequência, uma força resultante sobre o corpo. A componente desta força paralela ao escoamento é chamada de força de arrasto e atua como uma resistência do fluido de trabalho ao movimento do corpo. A força de sustentação atua de forma perpendicular ao escoamento. Com esse estudo é possível aumentar ou diminuir a força de sustentação e arrasto.

Em um projeto aerodinâmico, as avaliações numéricas são amplamente utilizadas para a otimização do trabalho. De posse da geometria final, os resultados numéricos precisam ser validados experimentalmente. Portanto, para se consolidar o estudo numérico, o emprego de experimentação em, por exemplo, um túnel de vento, é fundamental.

Para a realização de ensaios de túnel de vento, é importante que as condições encontradas em campo sejam reproduzidas ao máximo. Em objetos que estão suficientemente longe do solo, como aerofólios e aviões, a interação do solo não é importante, diferente na análise do escoamento em torno de veículos terrestres em um túnel de vento, no qual o corpo de prova é mantido estático e próximo do solo, tornando a interação do solo com o objeto importante. Assim se torna necessário modelar o movimento relativo do ar e do solo. Nos túneis de vento convencionais, este movimento relativo não pode ser representado, pois as paredes da seção de testes são, geralmente, não rotativas. A diferença em medições de arrasto com as condições em repouso e em movimento podem chegar a 15% (SACOMANO, 2008).

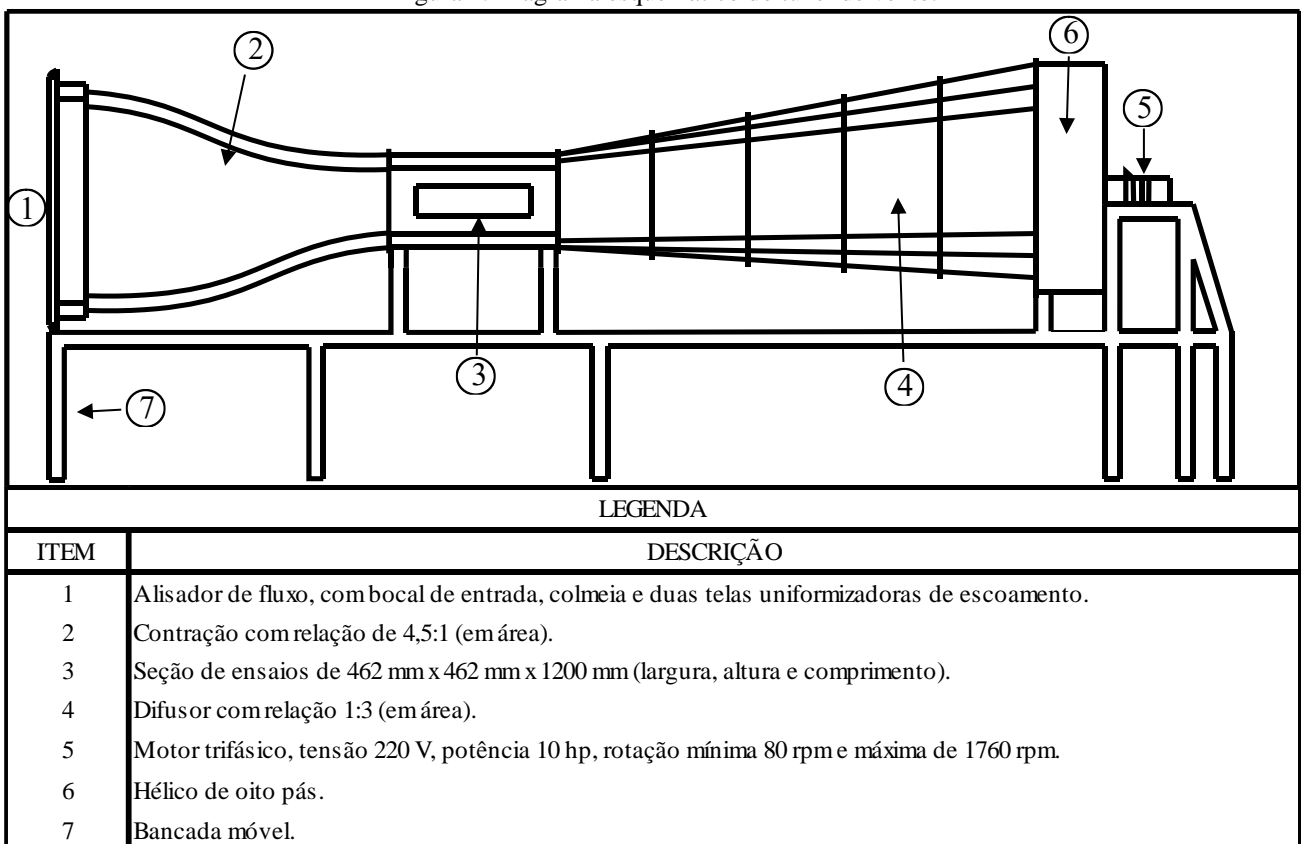
Portanto, nesse presente artigo, tem-se por objetivo apresentar o projeto de uma esteira rolante, um aparato experimental capaz de realizar a simulação do movimento relativo veículo-solo, no túnel de vento modelo AA-TVSH1 da AeroAlcool. Com isso é possível gerar um modelo de escoamento em torno de veículo terrestre que represente melhor o fenômeno observado em campo.

2. METODOLOGIA

2.1. Túnel de vento

O túnel de vento ao qual o presente projeto será aplicado é o AA-TVSH1 (Fig. 1) subsônico e de circuito aberto. Na entrada, tem-se um conjunto de colmeias para estabilizar e direcionar o escoamento. Na sequência, tem-se um convergente de razão (em área) de contração de 4,5:1, promovendo a aceleração do escoamento e um perfil uniforme de velocidades na seção de testes. Sua seção de testes possui dimensões de 42 mm x 462 mm x 1200 mm (altura, largura e comprimento) e possui material transparente para efeito de visualização de escoamentos (AEROALCOOL TECNOLOGIA LTDA). A dimensão total do túnel de vento é de 6,75 m e a velocidade máxima na seção de testes é de 35 m/s. Após a seção de testes, tem-se um difusor com razão de abertura de 1:3 (em área) até chegar à seção do ventilador. O ventilador possui 8 pás e está acoplado a um motor elétrico de 10 hp, de tensão de 220 V e rotação máxima de 1750 RPM. O controle da rotação do motor é feito por meio de um inversor de frequência. Todo conjunto é apoiado em estrutura única (mesa).

Figura 1. Diagrama esquemático do túnel de vento.



2.2. Projeto de construção da esteira

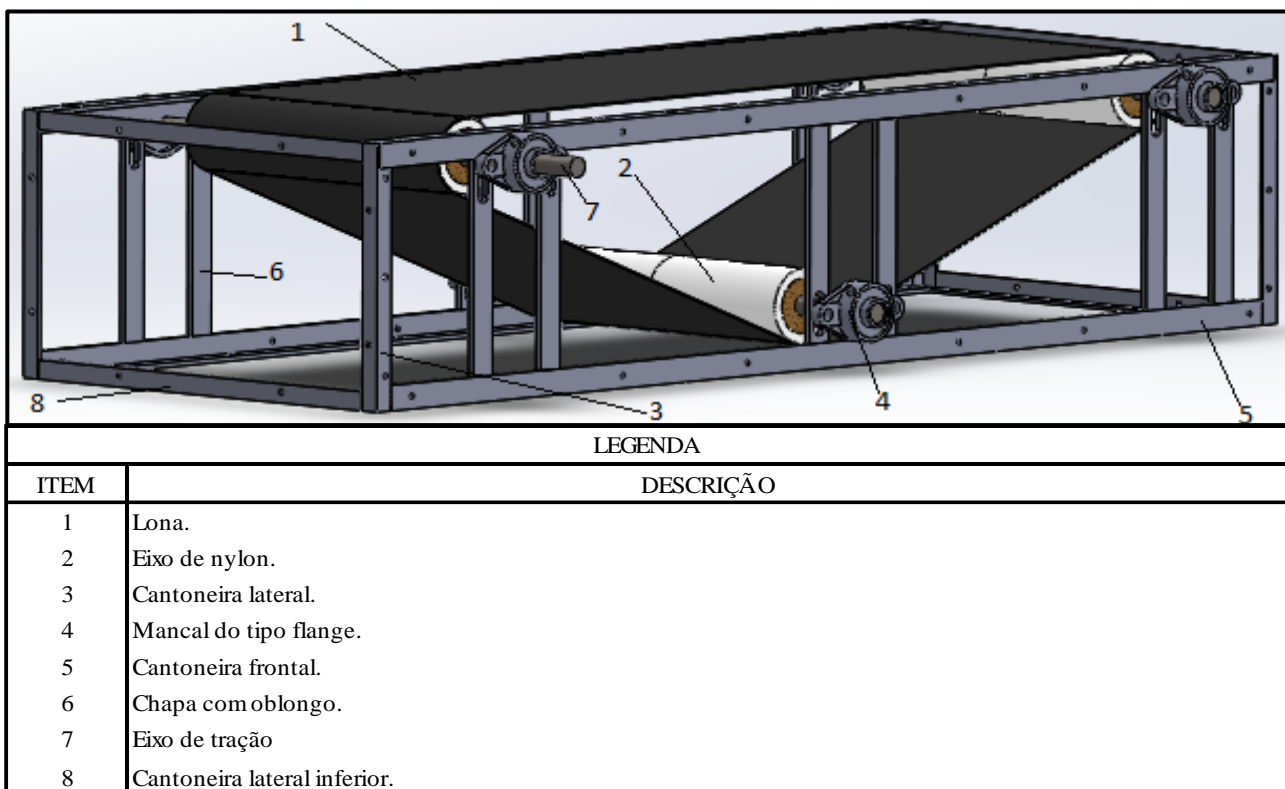
O design desse projeto foi concebido levando em consideração os materiais já disponíveis na universidade, desconsiderando o peso do corpo de prova. Portanto, os materiais utilizados para a realização desse aparato experimental foram:

- Cantoneiras;
- Chapas;
- Mancais;
- Placa de acrílico;
- Eixo de aço 1050;
- Tubo de nylon;
- Lona para esteira rolante;
- Placa de MDF;
- Parafusos.

Com esses materiais especificados detalhadamente na Fig. 5, é possível realizar a adaptação do túnel, que consiste em retirar o piso estacionário da seção de testes do túnel de vento e acoplar um caixote com a esteira no seu interior. A função do caixote, além do suporte mecânico, é isolar o meio externo com o escoamento na seção de testes, para não prejudicar o escoamento. A esteira deve possuir velocidade periférica igual a velocidade de corrente livre do escoamento na seção de testes, para reproduzir as condições naturais de rolagem. Para realizar esse projeto foi utilizado o software SolidWorks versão 2014.

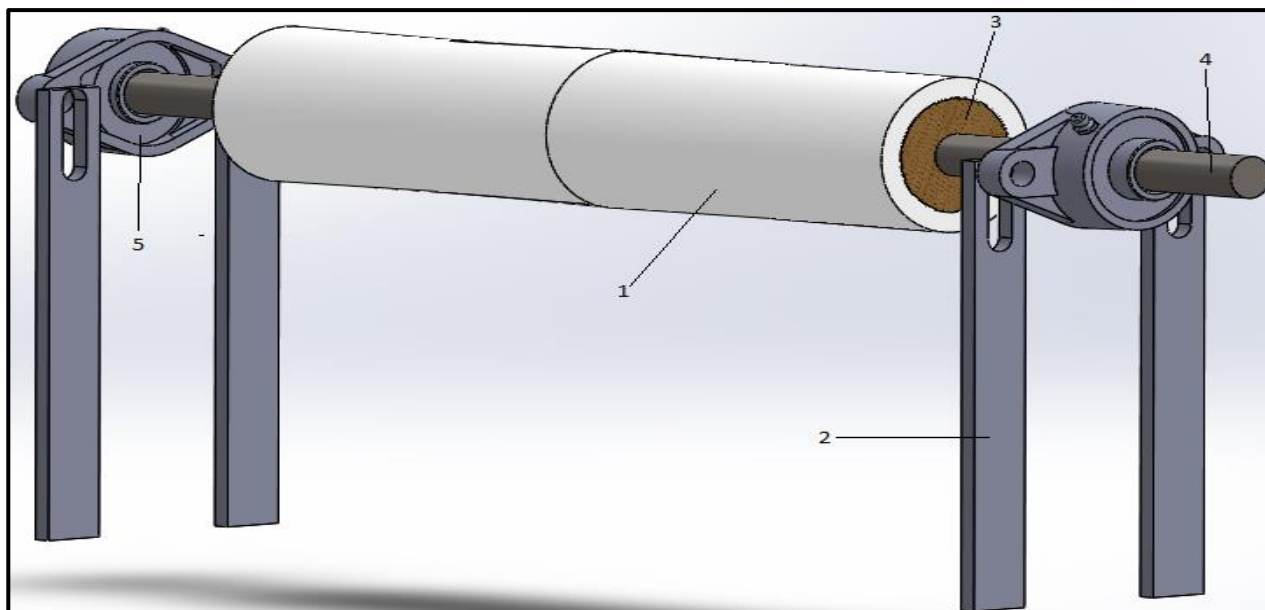
O conceito empregado no desenvolvimento do projeto contempla três eixos, um no lado esquerdo superior, um no lado direito superior e outro no centro inferior, formando um triângulo entre eles (Fig. 2). Os dois eixos superiores serão o ajuste fino da lona da esteira com as paredes do túnel de vento sem a geração de degraus. Um dos eixos superiores estará com um motor acoplado para promover a rotação desejada. O eixo inferior tem a função de manter a lona esticada por meio de regulagem de posicionamento vertical.

Figura 2. Estrutura de sustentação e apoio da esteira.



Cada eixo será composto por tubo nylon com tampos e o eixo de aço, sendo cada um incorporado ao outro, como ilustrado na Fig. 3. Como ponto de apoio, serão utilizados mancais, onde serão apoiados em oblongos feitos nas chapas de aços, sendo que essas chapas fazem parte também da estrutura de vedação.

Figura 3. Esquema do conjunto de apoio do eixo.



LEGENDA	
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Eixo de nylon.
2	Chapa com oblongo.
3	Tampo.
4	Eixo de aço.
5	Mancal do tipo flange.

Na Fig. 4, é detalhada a estrutura do dispositivo, onde todos os componentes serão soldados. A vedação irá ocorrer por uma chapa de acrílico que será acoplada na parte superior da estrutura, com o túnel de vento. Nas laterais e na parte inferior, a vedação será feita por MDF, formando assim o caixote (Fig. 5). Por fim o caixote será fixado na estrutura, projetada com cantoneiras em todos os cantos e a chapa no centro.

Figura 4. Vista explodida da estrutura de sustentação.

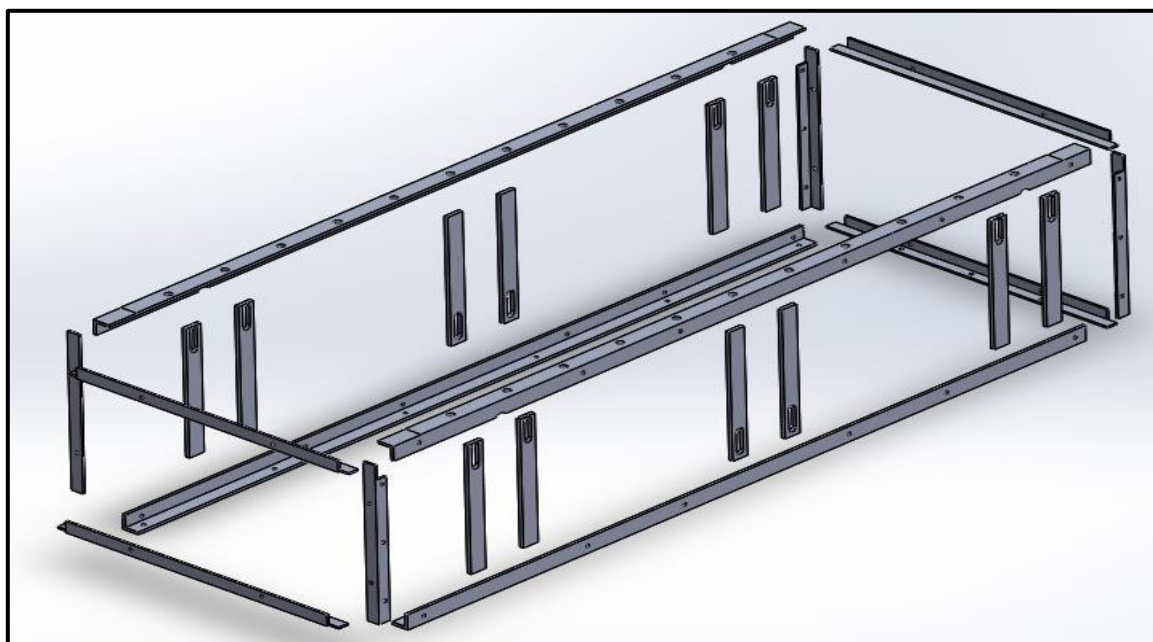
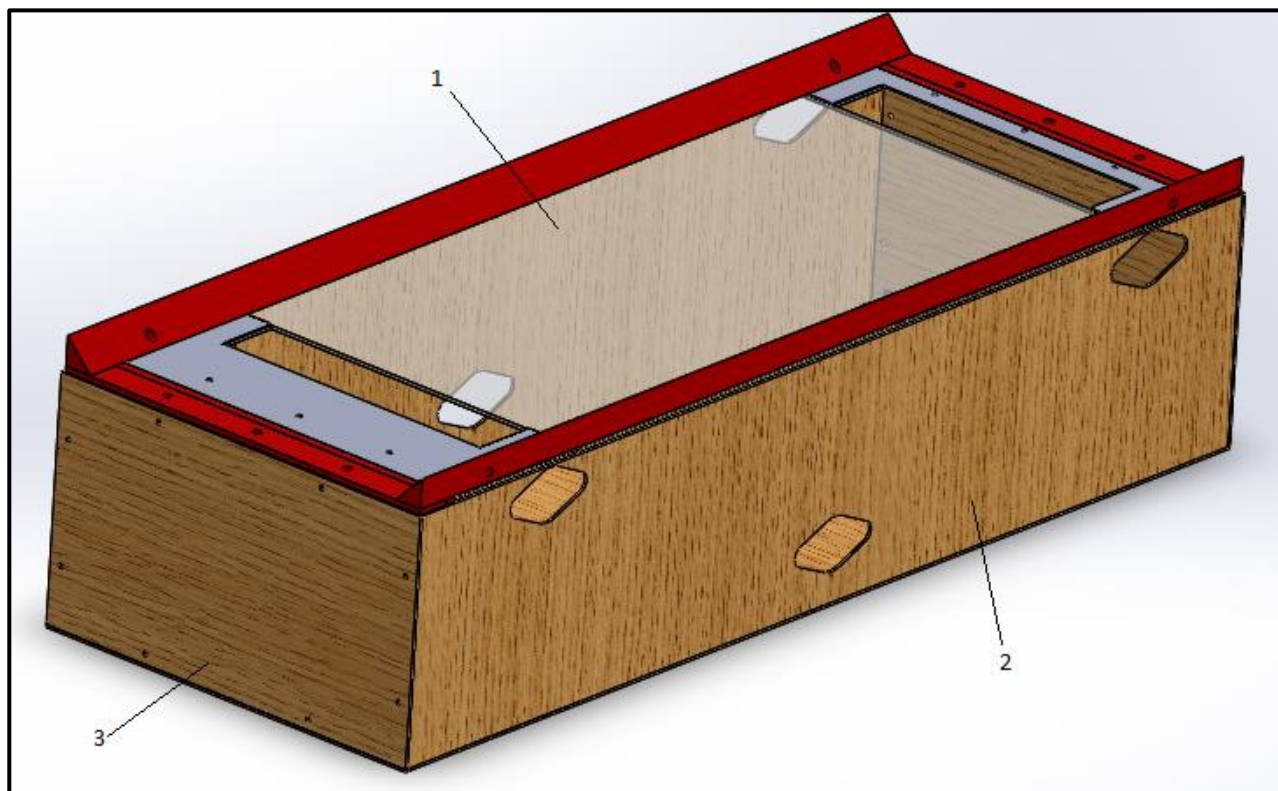


Figura 5. Estrutura de vedação.



LEGENDA

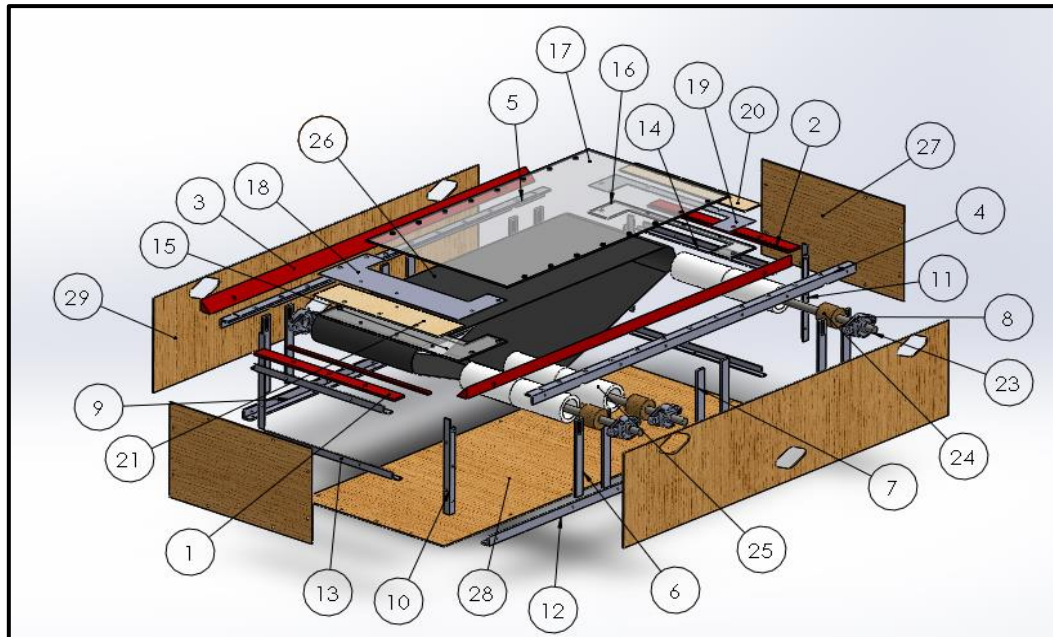
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Placa de MDF lateral.
2	Placa de MDF frontal.
3	Placa de acrílico

OBSERVAÇÃO: OS ITENS EM VERMELHO COMPÕEM A ESTRUTURA DO TÚNEL DE VENTO.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado, apresenta-se a seguir o detalhamento do projeto (Fig. 6). Composto por 31 itens, os materiais empregados são peças em acrílico, aço, MDF e nylon. As dimensões globais são apresentadas na Tab. 1. Na Fig. 7, apresenta-se uma configuração do objetivo da introdução da esteira, ilustrando a direção das linhas de corrente que percorrerão a parte inferior sem a presença do fenômeno camada limite visto que a esteira e o escoamento serão programados com velocidades similares. Na Fig. 8, tem-se a apresentação do conceito montado.

Figura 6. Vista explodida do projeto, feito no software SolidWorks 2014.



LEGENDA

ITEM	PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	Alumínio lateral	ITEM DO TÚNEL DE VENTO	2
2	Borracha lateral	ITEM DO TÚNEL DE VENTO	2
3	Alumínio	ITEM DO TÚNEL DE VENTO	2
4	Cantoneira n° 1	Aço 1020 - Comprimento: 1196 mm	1
5	Cantoneira n° 2	Aço 1020 - Comprimento: 1196 mm	1
6	Chapa n° 1	Aço 1020 - Comprimento: 215,22 mm	8
7	Chapa n° 2	Aço 1020 - Comprimento: 215,22 mm	4
8	Mancal	Diâmetro do rolamento: 20 mm	6
9	Cantoneira n° 3	Aço 1020 - Comprimento: 1196 mm	1
10	Cantoneira lateral	Aço 1020 - Comprimento: 265,42 mm	2
11	Cantoneira lateral n° 2	Aço 1020 - Comprimento: 2665,42 mm	2
12	Cantoneira n° 4	Aço 1020 - Comprimento: 1196 mm	1
13	Cantoneira lateral inferior	Aço 1020 - Comprimento: 424,90 mm	2
14	Cantoneira lateral superior	Aço 1020 - Comprimento: 424,90 mm	2
15	Placa de acrílico esquerda	Estrutura de vedação	1
16	Placa de acrílico direita	Estrutura de vedação	1
17	Placa de acrílico central	Estrutura de vedação	1
18	Calço esquerdo	Apoio da placa de acrílico esquerda	1
19	Calço direito	Apoio da placa de acrílico direita	1
20	Trava acrílico - alumínio direito	Trava de madeira	1
21	Trava acrílico - alumínio esquerdo	Trava de madeira	1
22	Eixo principal	Aço 1020 - Diâmetro: 20 mm	1
23	Eixo secundário	Aço 1020 - Diâmetro: 20 mm	2
24	Tampo	Trava entre eixo principal e tubo PVC	6
25	Tubo de nylon	Diâmetro interno e externo 55 e 74 mm	3

Continuação da Fig. 6.

LEGENDA			
ITEM	PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
26	Lona	Borracha sintética	1
27	Placa lateral	Placa de MDF da estrutura de vedação	2
28	Placa inferior	Placa de MDF da estrutura de vedação	1
29	Placa direita	Placa de MDF da estrutura de vedação	2
30	Parafusos M5	Parafusos para as placas de MDF	71
31	Parafusos M12	Parafusos para os mancais	12

Figura 7. Configuração para anulação da camada limite.

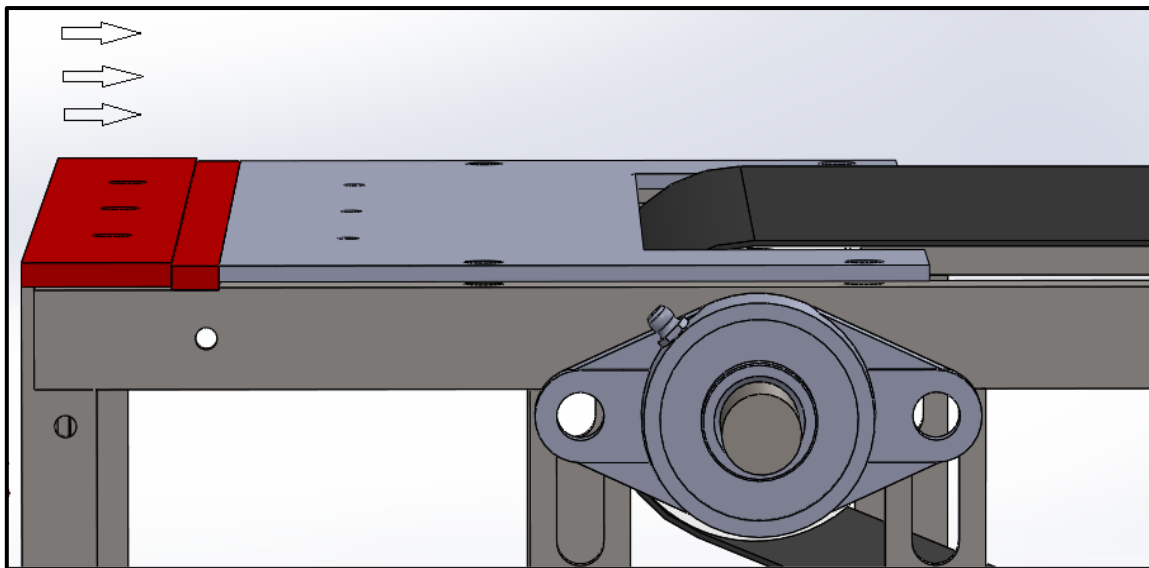
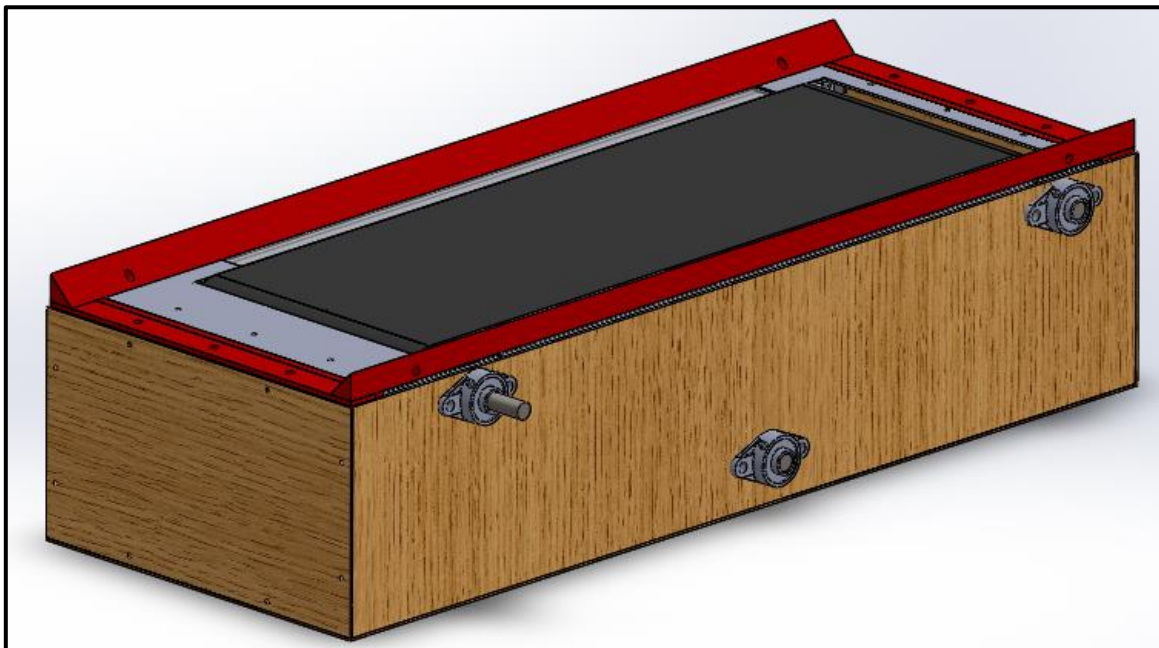


Figura 8. Vista da estrutura final.



Esse é um projeto bem específico, onde é feito apenas para um modelo de túnel de vento, utilizando materiais de baixo custo, viabilizando a sua construção. Porém, com algumas alterações é possível utilizar o mesmo conceito em outros modelos de túnel de vento.

Tabela 1. Dimensões gerais do projeto

DIMENSÕES GERAIS DO PROJETO		
DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE DE MEDIDA
Altura	248	mm
Comprimento	1206	mm
Largura	575	mm
Comprimento da esteira	898	mm
Largura da esteira	469	mm
Comprimento da lona da esteira	2104	mm
Largura da lona da esteira	332	mm
Peso	324	N

4. CONCLUSÃO

O projeto exibido, após diferentes revisões, está apto a ser executado, visando aprimorar as condições de estudos de escoamento em torno de veículos terrestres. Não há muitos registros sobre este tipo de projeto. A principal contribuição deste trabalho é o detalhamento dos componentes necessários para a construção do conceito de esteira proposto. Com ele, é possível a modelagem experimental do escoamento em torno de veículos terrestres com efeitos reduzidos do coeficiente de arrasto sob os objetos estudados, visto que, com o piso móvel da seção de testes do túnel tem como produto a anulação do desenvolvimento da camada limite que contribui para a periodicidade do escoamento (Fig. 7). Contudo, as mudanças nas forças aerodinâmicas variam de acordo com o objeto ensaiado, submetendo-se a diferentes resultados significativos.

5. REFERÊNCIAS

- ÇENGEL, YUNUS A; CIMBALA, JOHN M. **Mecânica de fluidos: fundamentos e aplicações**. 3. Ed. São Paulo, SP:McGraw-Hill, 2015. 990p.
- FILHO, FERNANDO L. S. **Projeto básico de aparato experimental para a simulação do movimento relativo veículo – solo em túnel de vento**. 2008. Tese TCC (Trabalho de conclusão de curso). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- AEROALCOOL TECNOLOGIA LTDA. **Manual de Operação: Túnel de Vento AA-TVSH1**.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.