

XX Seminário de Pesquisas em Engenharia Mecânica www.uff.br/petmec

1/2021

PROJETO DE *PEDAL BOX* PARA VEÍCULO DE FÓRMULA SAE

Igor Rodrigues da Cruz

Engenharia Mecânica

Email: igorrc@id.uff.br

Resumo: *O principal objetivo desse estudo é apresentar um projeto de Pedal Box para a Equipe Buffalo de Fórmula SAE que atenda aos critérios da SAE International e ao mesmo tempo seja mais eficiente do ponto de vista do desempenho em carros competitivos.*

Os elementos do projeto se dividem entre aqueles que serão adquiridos via compra, onde se buscará aqueles que melhor se adequem ao sistema de freios do veículo; e outros elementos de estrutura que serão de responsabilidade de fabricação da equipe.

Nos elementos estruturais a serem desenvolvidos pela equipe, será realizada uma análise numérica utilizando software de elementos finitos com o objetivo de simular a condição de máximo esforço imposta pelo regulamento.

Palavras-chave: Freio, Pedal, Fórmula SAE

1. INTRODUÇÃO

No ambiente de competições automobilísticas a busca pelo incremento de performance é constante. No caso do Fórmula SAE a redução de massa mantendo a segurança do protótipo é um dos fatores que melhoram o desempenho do projeto como um todo.

Sendo assim, o objetivo do projeto é desenvolver um design de *Pedal Box* que proporcione segurança, redução de massa e melhoras do ponto de vista ergonômico.

2. METODOLOGIA

De acordo com o regulamento da competição, toda a estrutura da *Pedal Box* deve suportar uma força de 2.000N aplicada sobre o pedal de freio. O design do projeto foi realizado visando o uso de cilindro-mestre flutuante, que possibilita uma fixação arrojada na estrutura, para que a base de fixação possa ser simples, leve e fácil de fabricar.

A fixação da base no chassi do protótipo deverá ser móvel ou de fácil remoção, de forma que seja possível fazer um ajuste longitudinal que proporcione pelo menos duas distâncias diferentes entre o assento do piloto e os pedais. Dessa forma, é possível um ajuste de acordo com o tamanho do piloto, que possibilite o acionamento dos pedais de forma mais confortável.

As análises numéricas serão constituídas de análise estrutural seguindo o critério de Von Mises que o software disponibiliza. Além de uma análise de fadiga no pedal de freio de acordo com o critério de Goodman também feita pelo método de elementos finitos.

3. COMPONENTES E MONTAGEM

A seguir os principais componentes do projeto, algumas especificações e montagem dos mesmos:

3.1. Pedal de Freio

Deve ser a parte mais confiável da estrutura, pois sua falha compromete todo o sistema de freio do veículo [1]. O material empregado nesse componente é o Alumínio 7075 T6 pela sua alta resistência ao esforço e à fadiga. Além disso, pela baixa densidade em relação ao aço. O design pode ser visto na Figura 1.

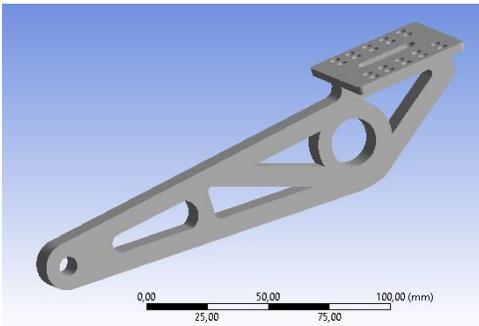


Figura 1. Design do Pedal de Freio

3.2. Cilindro-Mestre

A opção do Cilindro-Mestre para o projeto foi feita pensando em uma montagem compacta e arrojada. Para este fim o Tilton 78-Series mostrado na Figura 2 atende o objetivo proposto.



Figura 2. Cilindro-Mestre Tilton 78-Series

3.3. Balance Bar

O *balance bar* foi determinado visando compatibilidade com o cilindro-mestre e que possuísse um rolamento esférico na parte central que permitisse diferentes ajustes com facilidade. O modelo selecionado é o CMB0141-B mostrado na Figura 3.



Figura 3. Balance Bar CMB0141-B

3.4. Pedal do Acelerador

O pedal do acelerador, devido ao baixo esforço na sua solicitação, possui um desenho mais simples visando redução de massa.

O material do pedal pode ter seu custo reduzido escolhendo uma liga de alumínio de

menor custo. O design do pedal pode ser visto na Figura 4.

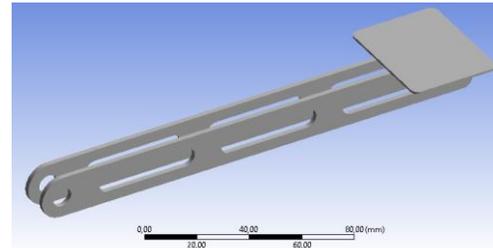


Figura 4. Design do Pedal do Acelerador

3.4. Cilindro-Base

A estrutura que fornece sustentação aos outros componentes e é fixada no chassi. Seu design é de um tubo de diâmetro interno de uma polegada com orelhas de fixação soldadas ao longo do seu comprimento.

O material a ser usado na peça é o Aço SAE 1020 devido ao baixo custo e boa soldabilidade. A Figura 5 a seguir mostra o design da peça.

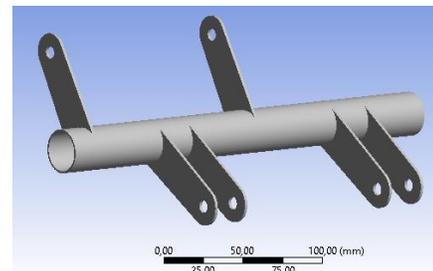


Figura 5. Design do Cilindro-Base

3.5. Montagem

A Figura 6 a seguir mostra como é dada a montagem das peças mostradas anteriormente, com o pedal de freio acionado e com os cilindros-mestres e *balance bar* sendo representados por simplificações.

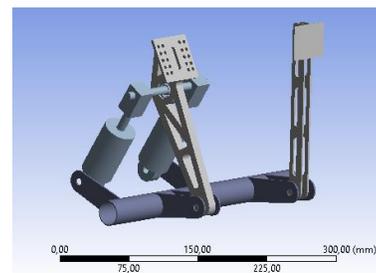


Figura 6. Montagem da Pedal Box

4. ANÁLISES ESTRUTURAIS

4.1. Determinação de Malha

A métrica média de qualidade de malha e o desvio padrão estão com o valor mínimo apresentados na Tabela 1. Para atender a essas condições determinou-se um tamanho de elemento de 2 milímetros.

Tabela 1. Determinação da Malha

Grandeza	Valor
Average Quality Mesh Metric	0,8
Standard Deviation	0,09
Element Size	2 mm

A convergência de malha em pontos de maior solicitação não foi realizada por limitações computacionais impostas pela versão de estudante do Ansys.

4.2. Tensão de Von Mises no Pedal de Freio

Valendo-se das condições de contorno de deslocamento remoto nos furos de fixação do pedal e da força de 2.000N aplicada na superfície do pisante têm-se a análise estrutural do pedal na Figura 7.

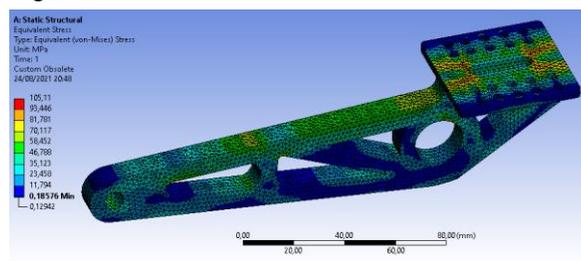


Figura 7. Tensões no Pedal de Freio

A análise resultou em uma tensão máxima de 105,11 MPa. A liga de alumínio 7075 T6 possui uma tensão de escoamento de 503 MPa [2].

A partir daí calcula-se o fator de segurança como mostra a Equação (1):

$$FS = \frac{\sigma_E}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{503}{105,11} = 4,78 \quad (1)$$

A máxima deformação é de 0,4 milímetros e ocorre nas extremidades do pisante.

4.3. Fadiga no Pedal de Freio

Para análise de fadiga utiliza-se os cálculos de tensões da seção 4.2 e considera-se o valor do Fator de Modificação (k_f) como 0,67 [3], usa-se o critério de Goodman para correção.

De acordo com a análise pelo método dos elementos finitos no pedal, todo o corpo suporta uma quantidade superior a 10^6 ciclos, o que caracteriza vida infinita [4]. Sendo assim, pode-se

determinar a vida por Coeficiente de Segurança na peça como mostra a Figura 8.

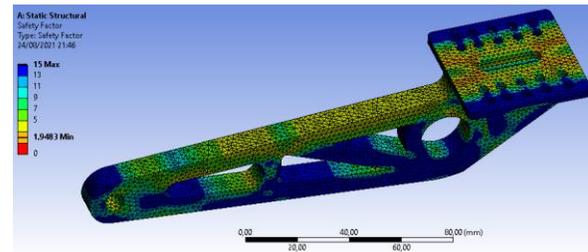


Figura 8. Vista do Coeficiente de Segurança

Usa-se o menor valor da malha para determinar o Coeficiente de Segurança (CS) conforme Equação (2).

$$CS = 1,94 \quad (2)$$

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O valor relativamente alto do FS justificou-se no cálculo de fadiga, uma vez que o valor do CS de 1,94 está em um patamar aceitável e sinaliza uma boa proporção de massa e segurança. A vida infinita possibilita que a equipe utilize o pedal por múltiplos anos.

A fixação do Cilindro-Base no chassi, possibilitando ajuste ergonômico; e a análise da tensão de Von Mises no Cilindro-Base constituem as próximas etapas do projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Bruno Pedroza pela paciência, e aos amigos que fiz na UFF pelo apoio nessa jornada.

REFERÊNCIAS

- [1] DIULGHEROGLO, P., (2010), *Fundamentos de Freio e Seus Componentes*. SAE Brasil.
- [2] MATWEB. Disponível em: <<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=4f19a42be94546b686bbf43f79c51b7d>> Acesso em 24 ago. 2021
- [3] SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. (1994) *Projeto de Engenharia Mecânica*, 7. ed Porto Alegre: Bookman Companhia Editora
- [4] CALLISTER, W. D. M. (2002), *Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução*, 5. ed São Paulo: Editora LTC.