



ESTUDO DE RIGIDEZ ESTRUTURAL DE CHASSIS PARA PROTÓTIPO DE CARRO ELÉTRICO ATRAVÉS DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

WEISHEIMER, J. ABREUS, D.
Flach, M.

Pesquisa, chassi, CAE, carros, MEF

RESUMO

Projeto Solartech, foi fundado em 2016 na Universidade de Luterana do Brasil, por alunos da graduação que buscam conhecimentos além do que ensinado em sala de aula, tendo como principais objetivos o incentivo a pesquisa e desenvolvimento de projetos sustentáveis e a integração entre os cursos da universidade

O estudo de rigidez estrutural de um chassi para protótipo de um carro elétrico, através do Método dos Elementos Finitos, faz parte de uma das linhas de estudos do projeto, onde um grupo de alunos participaram na pesquisa de metodologias de desenhos e cálculos, assim, sendo possível utilizar o método mais adequado para desenvolver o projeto estrutural do chassi do automóvel. Com isso, pesquisa se deteve na pesquisa de referências teóricas sobre o método, realização de análises computacionais estruturais e melhorias no projeto do chassi.

Chassis veiculares são geometrias extremamente complexas para serem calculadas através dos métodos analíticos convencionais, essas estruturas também podem ser projetadas através de métodos experimentais, mas este método tem um custo muito elevado, pois depende da construção de vários protótipos até obter um resultado esperado. Por este motivo, o método dos elementos finitos é o método mais indicado para este tipo de projeto.

O Método dos elementos finitos também é um método muito utilizados pelas indústrias que trabalham com desenvolvimento de novo produtos e com melhorias de seus produtos. Porém durante a graduação nos cursos de engenharia, este método é ensinado de forma muito superficialmente para os alunos, por este motivo, o projeto Solartech tem um papel muito importante na preparação dos alunos participantes para o mercado de trabalho, pois aprofundam os conhecimentos no método dos elementos finitos e em outras ferramentas de projeto como, programas de desenho 3D, desenhos técnicos e normas técnicas.





INTRODUÇÃO

Atualmente com a elevação das emissões de gases nocivos ao meio ambiente, tem levado a mobilização de caráter global para a preservação do meio ambiente. Com isso, tem ocasionado uma transformação tecnológica na indústria automotiva. Um dos principais responsáveis por essa elevação dos gases nocivos ao meio ambiente é a utilização de combustíveis fósseis nos automóveis, isso faz dos automóveis elétricos uma opção para este problema. Muitas projeções já apontam que nos próximos 30 anos os automóveis elétricos serão o principal meio de transporte.

Este trabalho visa adequar as geometrias do chassi do Uban Car de acordo com as especificações da Carrera Solar Atacama e realizar a análise de rigidez torcional de um chassi através do Método dos elementos finitos e propor melhorias nas geometrias do chassi até garantir uma rigidez adequada.

Para um bom projeto de engenharia, a análise estrutural é fundamental. Em alguns casos menos complexos, essa análise pode ser realizada por métodos analíticos, mas em casos mais complexos, como por exemplo um chassi do tipo Space Frame, torna-se muito difícil uma solução analítica, sendo viável a utilização de uma solução numérica.

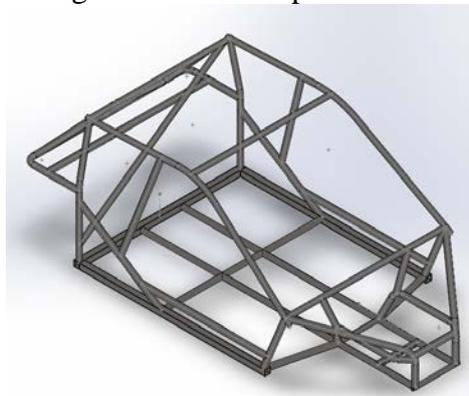
METODOLOGIA

1. Desenho do chassi

Para realizar esse projeto, foram realizados encontros diários no laboratório Fabritec, onde foi projetado o chassi do tipo *space frame* 100% virtual através de um software específico de desenho.

Segundo Weiss (2016), o chassi tipo Space Frame, mais conhecido por chassi de “tubos” ou “gaiola”, é uma união de tubos que formam um padrão geométrico, são leves e geralmente apresentam boa rigidez. Essas uniões de tubos formam uma estrutura que conectam todos os componentes necessários de um veículo, como pode ser visto na figura 1

Figura 2 - Chassi Space Frame





O chassi foi projetado com dois arcos de proteção anti rolagem (Main Hoop e Front Hoop), popularmente conhecido por “Santo Antônio”, para proteger o piloto em caso de capotamento e prevenir danos diretos na cabine dos passageiros e deformações graves em caso de acidente, e deve suportar cargas 4 vezes superior ao peso total do veículo.

Uma linha existente desde a parte superior até a parte superior da barra secundária ficou acima do capacete, quando os passageiros estiverem em posição de condução, tipo um “envelope”.

Segundo o regulamento da Carrera Solar Atacama, os tubos de apoio do arco de rolagem (Main Hoop) devem estar o mais perto possível do topo e ter um ângulo mínimo de 45°.

2. Análise estrutural através do Método dos elementos finitos

O segundo passo foi fazer a análise de rigidez torcional em um software específico do Método dos elementos finito.

Segundo Milliken (1995), a rigidez à torção representa o principal critério para o desenvolvimento do projeto de um chassi, pois se um chassi apresenta uma rigidez torcional satisfatória, a rigidez a flexão também será satisfatória. A tabela 1 representa os valores típicos de rigidez torcional para alguns tipos de veículos.

Tabela 1 - Rigidez torcional para diferentes veículos

Veículo	Rigidez torcional [Nm/grau]
Formula SAE	300 - 3000
Carro de passeio	5000 - 25000
Nascar	15000 - 30000
Carros esportivos	5000 - 50000
Formula 1	5000 - 10000

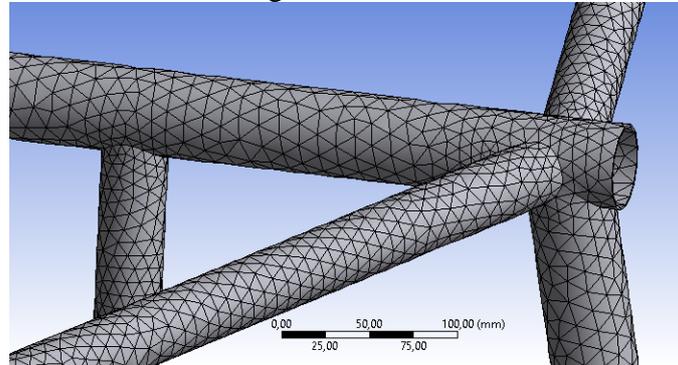
Fonte: Milliken (1995)

Segundo Azevedo (2003), os programas de análises utilizam como base informações feitas em desenhos de CAD para definir os domínios das geometrias, e simular a peças ou conjuntos em condições de utilização. Para fazer essa análise deve-se fazer a discretização, subdividindo a estrutura em pequenas partes em quantidade finitas, mantendo os elementos interligados por nós, assim formando a conhecida malha (figura 2). Com essa divisão da estrutura em elementos é que surgiu o termo “análise pelo método dos elementos finitos.





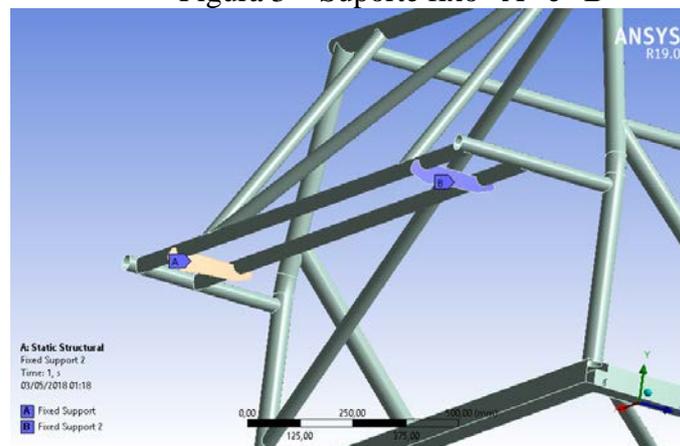
Figura 2 - Malha



Outro ponto importante neste tipo de análise são as condições de contorno, ou seja, deve ser defini e aplicado ao chassi os carregamentos e fixações de acordo com o objetivo do estudo.

Primeiramente foi utilizado dois pontos de fixação (fixed suport) na parte traseira do chassi, nos pontos de fixação da suspensão traseira, como pode ser visto nos pontos (A) e (B) na figura 3.

Figura 3 – Suporte fixo “A” e “B”

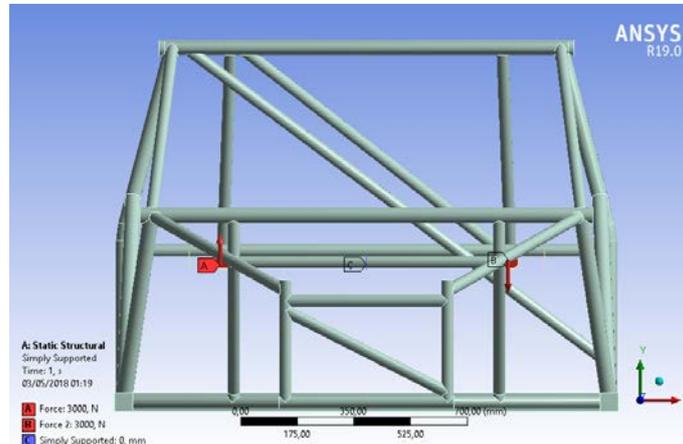


Após ter fixado a parte traseira do chassi, também foi colocado um suporte simples no centro do chassi, como pode ser visto no ponto (C) indicado na figura 4. Este suporte simples tem a finalidade de evitar que os carregamentos aplicados gerem efeitos de flexão, assim gerando um torque puro no chassi





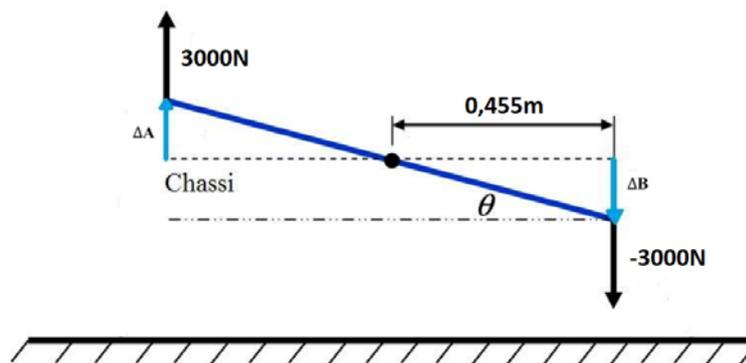
Figura 4 - Indicação das forças e suporte simples



E por último, foi aplicado dois carregamentos em sentidos opostos nos pontos de montagem da suspensão dianteira, como pode ser visto nos pontos (A) e (B) na figura 4.

Essas forças aplicadas nos pontos da suspensão gerou um torque no chassi, que causam uma deflexão angular no chassi, sendo possível calcular a o deslocamento em ΔA e ΔB (figura 5), através do Método dos elementos finitos.

Figura 5 - Representação dos deslocamentos e carregamentos

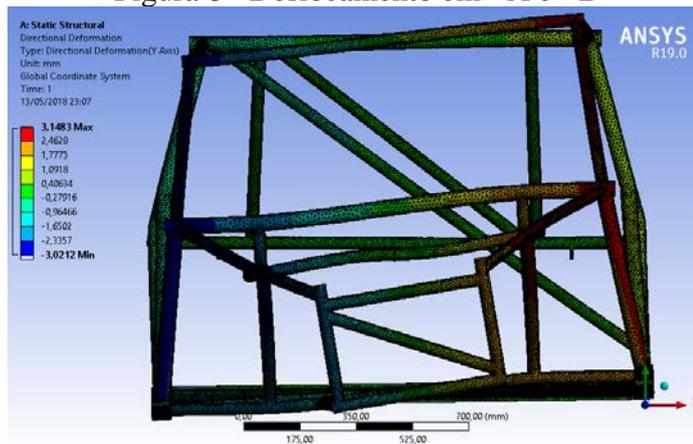




RESULTADOS E DISCUSSÃO

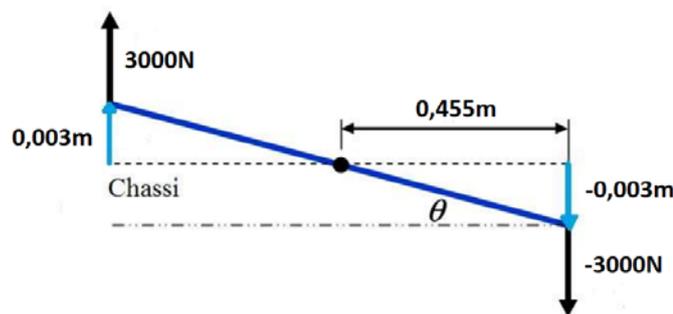
Foi aplicando um torque de 2730Nm no eixo longitudinal na parte frontal do chassi, logo o deslocamento máximo calculado através do Método dos elementos finitos em ΔA foi de 3,148mm e ΔB foi de -3,021mm, como pode ser visto na figura 6.

Figura 6 - Deslocamento em ΔA e ΔB



A figura 6, representa a deflexão angular em escala aumentada em 2:1, causada pelo torque de 2730Nm no chassi.

Figura 7 - Representação dos deslocamentos e carregamentos



Com o resultado do deslocamento de ΔA e ΔB (figura 7), foi possível calcular a torção angular gerada no chassi.

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left(\frac{\Delta A + \Delta B}{L} \right)$$

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left(\frac{0,003148 + 0,003021}{0,91} \right)$$

$$\theta = 0,39^\circ$$





Conhecendo o torque aplicado, e a torção gerada ao chassi, então foi possível calcular a rigidez torcional do chassi.

$$Kt = \frac{T}{\theta}$$
$$Kt = \frac{2730Nm}{0,39^\circ}$$
$$Kt = 7028,84Nm/^\circ$$

Nesta análise o chassi obteve uma rigidez torcional dentro da faixa de rigidez entre 5000Nm/° a 25000Nm/°, indicado para este tipo de carro, como pode ser visto na tabela 1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desse trabalho é possível concluir que as alterações feitas na geometria do chassi foram satisfatórias, pois as dimensões de distância entre eixos, largura de bitola e a proteção anti rolagem estão de acordo com as especificações do regulamento da CSA.

Também pode-se concluir que o estudo de rigidez torcional foi satisfatório, pois analisando os resultados obtidos em cada análise, foram feitas alterações no chassi até atingir uma rigidez torcional de 7028,84Nm/°. Com esse resultado a rigidez torcional ficou dentro dos limites de 5000Nm/° a 25000Nm/°.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Álvaro F. M. **Método dos Elementos Finitos**. ed.1. 2003. Disponível em: <http://www.arquivoescolar.org/bitstream/arquivo-e/117/1/Livro_MEF.pdf>. Acesso em 20 outubro, 2017.

BROWN, Jason C.; ROBERTSON, A. John; SERPENTO, Stan T. **Motor Vehicle Structures: Concepts and Fundamentals**. Ed. Butterworth Heinemann, London, 2002.

Carrera Solar ATACAMA. **Bases Carrera Solar Atacama 2018**. ed.1. 2017. Disponível em: <http://www.carrerasolar.com/wp-content/uploads/2017/09/Bases-Carrera-Solar-Atacama-Hibridos-v1.0.pdf>>. Acesso em 22 agosto, 2017.

MILLIKEN, W.F; MILLIKEN, D.L. **Race Car Dynamics, Society of Automotive Engineers Inc**. ed. 3, USA, 1995.

