



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE ESTRUTURAL DE UM CHASSI PARA VEÍCULOS DE FABRICAÇÃO ARTESANAL

Victor Gustavo Ramos Costa dos Santos, victorgustavorcosta.santos@gmail.com¹
Vilson Souza Pereira, vilson.sp@ufma.com²

¹Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP – 65080-805, São Luís - MA

Resumo: Neste artigo, é realizado um estudo de análise estrutural de um chassi em estrutura tubular para veículos de fabricação artesanal. Para execução das análises foram estudados os principais requisitos necessários para concepção do chassi tipo gaiola, tendo como base regras de competições de cunho acadêmico, como a MUEE (Maratona Universitária da Eficiência Energética) e SAE (Sociedade de Engenharia Automotiva). Uma revisão de critérios de projetos sobre condições de impactos, ergonomia e carregamentos estáticos e dinâmicos foram feitas, tendo como destaque para cargas estáticas analisadas através dos critérios de von Mises.

Palavras-chave: Análise Estrutural, Chassi, Ergonomia, Impacto.

1. INTRODUÇÃO

Na Engenharia, lidar com problemas complexos e, muitas vezes, buscar soluções simplificadas é um desafio constante. Um dos fatores importantes para a consolidação econômica de um país é a Engenharia, com desenvolvimento, produção, inovação de bens e produtos com grande valor agregado, cada nicho de mercado deve ser bem aproveitado e fazem toda diferença na balança comercial. A inovação é um dos aspectos que possui como material para subsistência a existência de profissionais de qualidade, capacitados e hábeis que possam aliar o conhecimento teórico às necessidades para determinada situação e solução de um problema. Em certas circunstâncias, ao fim da graduação em engenharia, alguns dos estudantes ainda não se sentem confiantes profissionalmente para enfrentar o mercado, isso pode ser abonado em função da amplitude à qual a engenharia se engloba, diversas especificidades e nos 5 anos da graduação é praticamente impossível discorrer sobre toda sua abrangência. Todavia, é essencial que os estudantes tenham, no mínimo, possibilidades de participar de competições acadêmicas, apresentações em congressos, encontros, etc. Pontes de Macarrão, SAE Aerodesign, Baja SAE, Fórmula, Guerra de Robôs, estas competições são distintas, no entanto, têm objetivos comuns como: aliar os conhecimentos teóricos já adquiridos às habilidades dos estudantes para que possam resolver problemas com criatividade, inovação, trabalho de equipe, espírito de liderança, maior entrosamento com a comunidade e outros estudantes/engenheiros.

A Maratona Universitária da Eficiência Energética (MUEE) tem como base a Shell Eco-marathon que é uma competição mundial de protótipos desenvolvidos por estudantes de engenharia com foco na eficiência energética e assim como as demais competições, tem como objetivo inserir os estudantes na vivência dos profissionais de engenharia, sempre com problemas e soluções criativas que envolvam sempre a máxima eficiência. A MUEE é regida por regulamento próprio e este projeto tem como fundamento o regulamento utilizado para a edição do ano de 2015.

O regulamento define todos os aspectos e normas para as equipes durante a concepção do projeto, montagem, treinos, tentativas, comportamentos durante a estadia nos boxes. A prova consiste em uma corrida em circuito fechado, na qual é verificado o desempenho do protótipo veicular em função do deslocamento e do quantitativo de combustível consumido no transcorrer do trajeto.

A competição é constituída de três categorias, o critério para a distribuição das categorias é o tipo de combustível a ser utilizado: Categoria a Gasolina, Categoria a Etanol e Categoria a Eletricidade. Nas categorias de motores à combustão interna, fica especificado motores que operam no ciclo Otto de quatro tempos, sendo livre a escolha de fabricante, o sistema de escapamento deve possuir os tubos de exaustão voltados para fora do habitáculo do piloto, sendo orientados para baixo e para trás não estendendo a carroceria. O combustível oficial a ser utilizado durante a competição é a gasolina comercial Petrobrás Podium – 100% pura, sem adição do etanol anidro. Independente da categoria é predeterminado a velocidade máxima em 45 km/h (quilômetros por hora), sendo automaticamente desclassificada a equipe cujo protótipo alcançar, seja em treinos livres ou no momento da corrida, velocidade superior.

Um item importante para a segurança é a visibilidade do condutor, na posição correta de pilotagem, o piloto deve ter

acesso a um ângulo direto de visibilidade mínimo de 180°. Sendo que este ângulo deve ser obtido sem assistência de instrumentos adjacentes, como espelhos retrovisores, prismas, câmeras, dentre outros. Ainda nos itens de segurança é terminalmente proibido a utilização do veículo sem que o mesmo esteja equipado com um cinto de segurança para o piloto, este deve possuir pelo menos quatro pontos de fixação, possuir acionamento por fivela única e ter dois de seus pontos passando, obrigatoriamente, sobre a região peitoral do piloto. Sendo necessário que o material do qual é produzido o cinto, estar homologado para quaisquer práticas no uso da indústria automotiva. Os pontos de fixação do cinto de segurança devem ser os de maior rigidez da estrutura, de modo a suportar o piloto em sua posição em uma circunstância de capotamento ou colisão. Quanto a fixação do cinto ao monocoque, os pontos de engaste do cinto devem ser fixados com chapas de reforço internas ou arruelas com área superior ou igual a 2500 mm². E os parafusos de fixação devem possuir graduação acima de 10,8 e diâmetro mínimo de 8 mm.

O sistema de freios possui avaliação própria e qualquer falha grave é passível de desclassificação, tal sistema deve ser acionado por um método independente, de modo que seja ativado sem que haja a necessidade do piloto soltar o volante de direção. A atuação do sistema de frenagem por intermédio dos pés é extremamente recomendada. Para os casos onde o eixo atuante seja apoiado por duas rodas, o sistema de frenagem deve atuar em ambas as rodas com o mesmo grau de eficiência, portanto, não deve haver desvios direcionais em ocorrência da condição de frenagem. É necessário também que os freios possuam sistema de atuação dupla, ou seja, deve haver uma redundância no sistema. Para que, na eventualidade de uma possível falha do sistema principal, o segundo deverá agir eficientemente. Teste do sistema de frenagem: o teste ocorrerá com o veículo em um plano inclinado com 0,60 m de altura por 3,90 m de comprimento conforme apresentando na Fig. 1. O piloto deverá acionar cada parte do sistema de frenagem, dianteiro e traseiro, por vez durante 30 segundos e girar o volante para os dois lados até o limite determinado pelo batente mecânico do sistema de direção. O veículo não deve apresentar deslocamentos durante o teste.

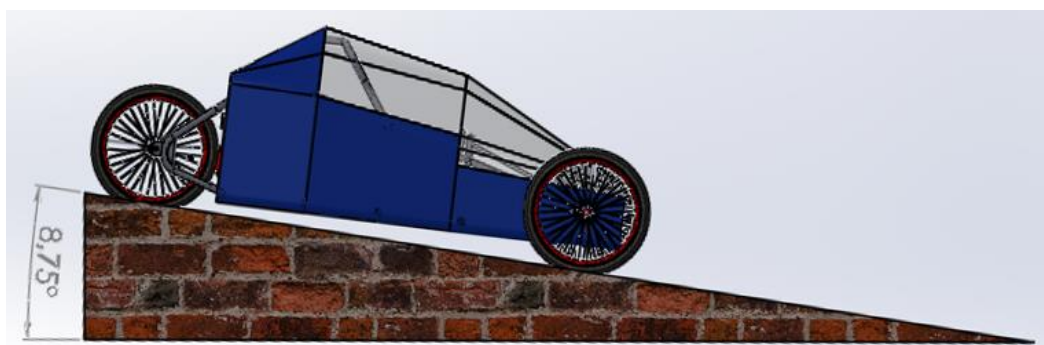


Figura 1 - Detalhe do ângulo de inclinação do plano utilizado nos testes do sistema de frenagem.

É obrigatório a utilização de um par de chaves gerais em cada protótipo veicular, uma interna e outra externa, de fácil localização e acionamento. As chaves devem interromper o funcionamento do motor de forma independente. A chave externa deve estar na parte traseira do veículo, em um ponto fixo e com uma seta de 10 cm de comprimento por 3 cm de largura. Os veículos devem estar equipados com um sistema de segurança adicional que deve cortar o motor ou a potência do motor em casos de incapacidade do piloto.

O habitáculo do piloto deve ser completamente isolado do motor, sistema de combustível e rodas por um painel de chapa, denominado painel corta-fogo, este painel deve ser construído com material não inflamável e que possua uma alta resistência a chama, ao menos, suportar o contato direto com as chamas por 2 minutos. Este artefato deve, em caso de vazamentos de líquidos inflamáveis e/ou incêndio, isolar o piloto tanto do líquido, quanto das chamas e do aumento repentino de temperatura. Em relação às rodas e sistema de direção, os mesmos devem estar envoltos de chapas ou telas de proteção. Para o piloto e piloto reserva é fixado o peso mínimo em 50 kg, este com toda a indumentária necessária para pilotagem. Caso a massa do piloto ainda fique aquém do peso mínimo será necessário a 'instalação' de um lastro, para ajustar e obter o peso de 50 kg.

Este trabalho tem por objetivo a realização de análises sobre a estrutura tubular constituinte do chassi para veículos de fabricação artesanal, o foco das análises está no estudo comportamental da estrutura em casos de impacto. A partir de dados estatísticos coletados acerca da relação entre os tipos de colisões. Constatou-se que dentre todas as colisões os de maior percentual efetivo são: a colisão frontal e a colisão lateral direita.

2. PROJETO DA ESTRUTURA TUBULAR

O veículo a ser desenvolvido baseia-se na concepção de um triciclo invertido, para tanto, o mesmo possuirá duas rodas na dianteira e uma na traseira, que é a roda motora. Por restrição do regulamento não há possibilidade de os veículos serem conversíveis e em caso de tombamentos o piloto não deve manter contato com o solo. Logo, deverá existir um habitáculo para o piloto. O habitáculo do veículo é definido pelo volume envolto pela estrutura treliçada tubular, tem por finalidade a proteção do piloto em tombamentos, capotamentos, colisões e fazer a isolamento do piloto em relação aos sistemas do carro, constituído por componentes austeros para que exerça a função de célula de sobrevivência. Para se obter uma maior resistência da estrutura o piso do veículo deve ser completamente sólido e possuir uma estrutura rígida

que impossibilite que quaisquer partes do piloto entrem em contato com o meio externo. O chassi veicular deverá ser equipado com roll-bar (tradicionalmente denominado por Santo Antônio), o mesmo deve circular acima do capacete do piloto, na posição de pilotagem e com os cintos afivelados, em no mínimo 5 cm e também ultrapassar a largura dos ombros. Caso, a posição influencie negativamente a visibilidade do condutor, o roll-bar será considerado inadequado. A Fig. 2 representa o chassi da equipe EcoUFMA.

A carroceria do mesmo não deve incluir apêndices externos que venham a si tornar artifícios perigosos contra o piloto, a equipe e demais indivíduos. A mesma deve ser construída como um elemento independente da estrutura tubular do chassi. Caso seja projetada em duas seções, é necessário seguir os seguintes requisitos: a seção inferior deve complementar o isolamento do piloto em relação ao piso do veículo ou à parte externa. A seção superior deve ser parcial ou completamente apoiada sobre a estrutura do chassi do veículo, e no mesmo possuir os suportes de fixação.

O desenvolvimento da estrutura do protótipo veicular obedece aos critérios determinados pelo regulamento da competição. O modelo utilizado baseia-se em um tipo de estrutura denominada por monocoque. Monocoque, do grego *mono* que significa único e do francês *coque* que significa cobertura, definido como um projeto estrutural no qual é desenvolvido para suportar cargas na cobertura externa, deixando o ambiente interno intacto. Portanto, a estrutura tende a abranger todo o piloto evitando o contato do mesmo com o meio externo.

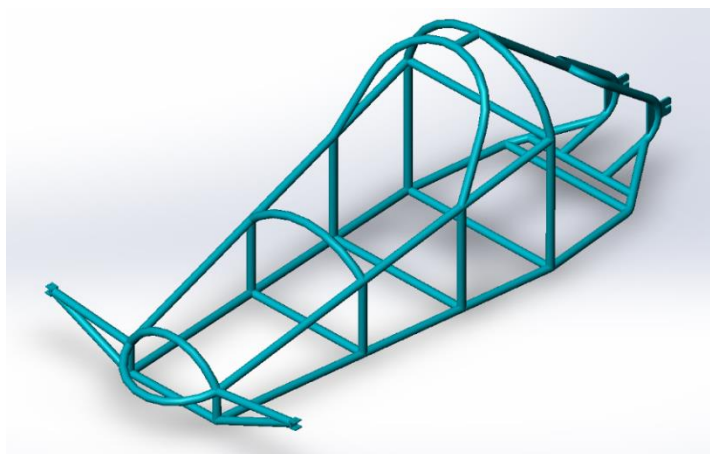


Figura 2 - Modelo CAD da estrutura tubular do veículo, vista isométrica.

Uma das preocupações iniciais na concepção do protótipo veicular foi determinar o design estrutural, com os objetivos de: obedecer aos critérios predeterminados pelo regulamento da competição e ao mesmo tempo ser uma estrutura leve, de fácil confecção, com uma baixa taxa de resíduos após a construção da mesma, esteticamente bem apresentável e principalmente que proporcionasse segurança ao piloto.

O desenvolvimento do desenho em três dimensões da estrutura tubular o veículo deu-se no software de design 3D SOLIDWORKS. As concepções de produtos na engenharia demandam uma visão inicial do produto, anteriormente, seria necessário para testes iniciais ou a título de demonstrações a confecção do produto em escala reduzida e o desenho era obtido pelos meios tradicionais, papel e lápis. Com os softwares de desenho auxiliado por computador (CAD) fica extremamente rápido e menos oneroso este processo, todavia os princípios do desenho continuam inalterados (Fig. 3). Em uma breve explicação do blog Aprenda Mecânica pode-se deparar com as seguintes informações acerca do software, o SOLIDWORKS baseia-se em computação paramétrica, portanto os objetos/corpos tridimensionais são criados a partir de formas geométricas elementares, as linhas do esboço.

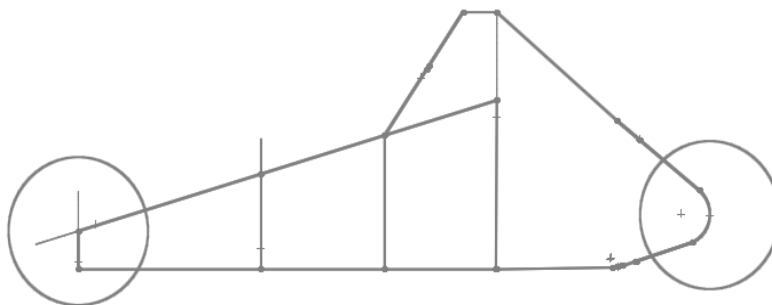


Figura 3 - Esboço da estrutura tubular do veículo, vista lateral direita.

A criação da estrutura do veículo iniciou-se da definição do esboço 2D, após a apuração de todas as dimensões do mesmo o passo seguinte foi a concepção do esboço 3D. O esboço 3D da estrutura tubular do protótipo foi definido após a constatação de todas as medidas do mesmo com relação ao espaço interno para a acomodação do piloto, do sistema de direção, sistema de frenagem, dos pedais, painel de instrumentos, ergonomia, espaço da motorização, transmissão, lacuna

de preenchimento das rodas, cinto de segurança, assento, tanque de combustível. O passo seguinte é a implementação da geometria tubular que irá compor a estrutura. Inicialmente, foi determinado como dimensões para o perfil circular que constituirá a estrutura do protótipo o diâmetro externo de $\frac{3}{4}$ " (19,05 mm) e espessura da parede interna de 1,5 mm. O material empregado nos tubos de seção circular é o Alumínio 6061 - T6. Um aspecto que merece um maior cuidado no modelo CAD é a conexão dos tubos. O SOLIDWORKS fornece ferramentas como 'Aparar/Estender', 'Dividir' que podem ser utilizadas para definir as condições onde estarão as conexões (Fig. 4).

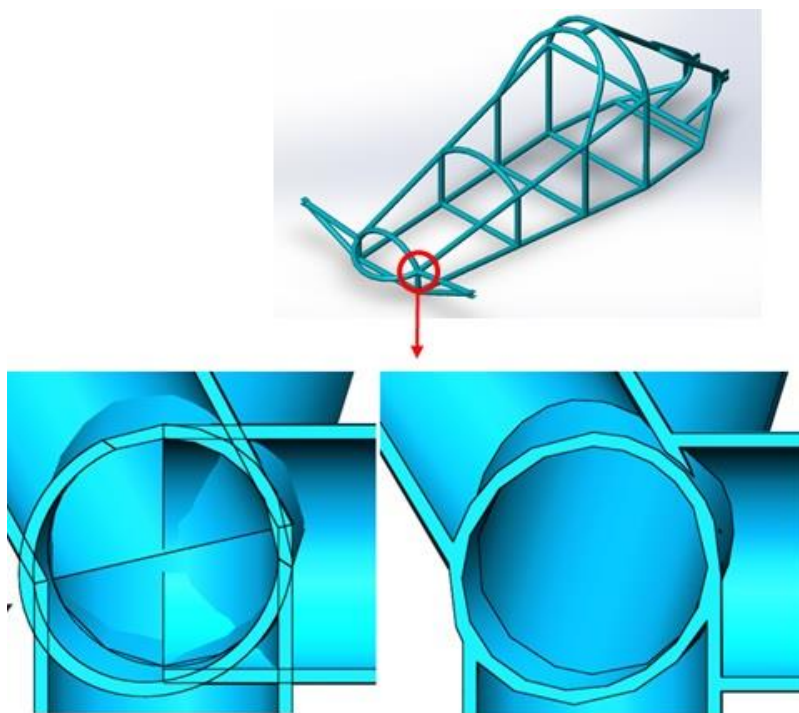


Figura 4 - Detalhe em corte, à esquerda, ponto de conexão do projeto CAD modelado de maneira inadequada. À direita, ponto de conexão modelado corretamente.

As dimensões principais da estrutura estão apresentadas na Tab. 1, e as propriedades mecânicas do material que será utilizado da estrutura tubular do chassi segundo o catálogo de ligas têmperas da Alcoa são apresentadas na Tab. 2. Estas informações são primordiais para a construção do veículo, além da determinação da aceleração lateral do veículo que leva as medidas da estrutura em consideração e é um item avaliado pelo regulamento da competição.

Tabela 1. Dimensões da estrutura do veículo.

Dimensões da estrutura [mm]	
Bitola Dianteira	802,90
Bitola Traseira	435,26
Raio das Rodas	245
Altura (Estrutura)	672,14
Altura (em relação ao solo)	105
Distância entre eixos	1771,42

Tabela 2 – Propriedades mecânicas do alumínio 6061 - T6

Propriedades Mecânicas	Alumínio 6061 – T6
Peso Específico[g/cm ³]	2,71
Limite de Resistência à Tração [MPa]	260
Limite de Escoamento [MPa]	240
Módulo de Elasticidade [GPa]	70
Módulo de Rigidez [GPa]	26,5
Alongamento Mínimo '50 mm'[%]	8

2.1. Análises

O escopo das simulações a serem realizadas sobre a estrutura têm como base as análises de peso próprio, frequências naturais, de corpo livre e corpo rígido, estática, colisões. O objetivo das análises é estimar o comportamento da estrutura em tais situações, seja em relação da torção, deformações e deflexões. Assim, pode-se avaliar os riscos que o condutor estará sujeito ao dirigir o veículo.

2.1.1. Peso Próprio

Antes de qualquer tipo de estrutura ser submetida a algum esforço, a mesma deve ser rígida o suficiente para poder se sustentar, portanto, é necessário saber o comportamento da estrutura em função de seu peso próprio.

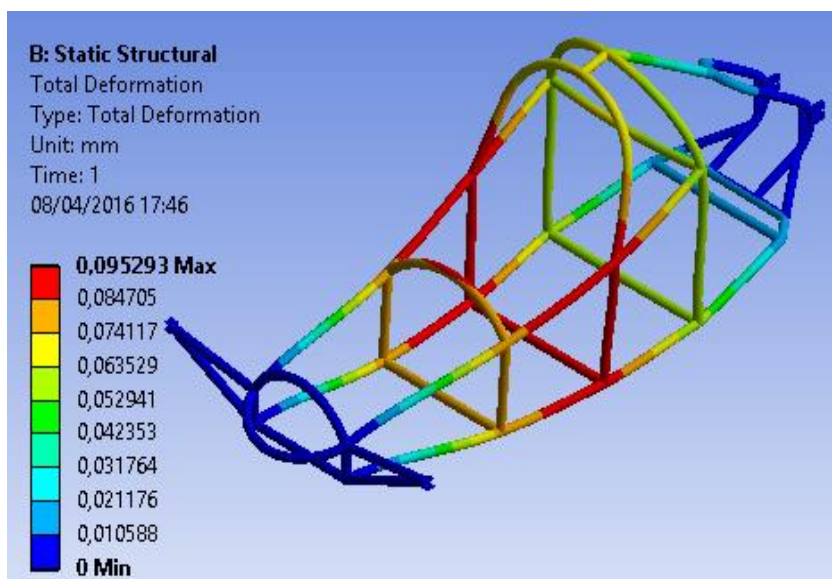


Figura 5 - Pós-processamento da análise baseada na sustentação do próprio peso da estrutura.

Dos parâmetros encontrados para os deslocamentos da estrutura sujeita a sustentação do próprio peso, na Fig. 5 nota-se que o ponto que possui deslocamento máximo é aproximadamente no ponto médio da estrutura, o ponto de maior afastamento dos pontos de apoio. Todavia, o deslocamento máximo é de aproximadamente 0,095293 mm, o que para o material da estrutura se torna um parâmetro irrisório e completamente imerso na faixa de deformação elástica do material.

2.1.2. Frequências Naturais

Tal análise é de fundamental importância para se constatar, além dos pontos críticos da estrutura quando excitada em regiões próximas as de suas frequências naturais, poder verificar o comportamento estrutural, com o desígnio de checar possíveis interferências entre as amplitudes existentes na frequência natural da estrutura tubular do veículo e as frequências que atuaram diretamente sobre a mesma. É primordial que a frequência natural da estrutura não seja equivalente à frequência que será aplicada nas condições de perfeito funcionamento. Para Moura *et al.* (2010): “Uma forma de evitar que a estrutura trabalhe em sua frequência natural é alterando a massa ou a rigidez do sistema, através de mudanças na geometria, por exemplo, para deslocar as frequências naturais a valores mais elevados, longe das faixas de frequência nas quais o equipamento trabalha”. Na análise de frequências naturais foi utilizado as seguintes condições, conforme mostra a Tab. 3. Os valores resultantes da análise de frequências naturais podem ser vistos na Tab. 4, onde foram realizadas duas análises modais, uma com malha padrão do software possuindo 93903 nós e outra, com uma malha mais refinada, possuindo 688922 nós. Observasse na Fig. 6, do sétimo até décimo segundo modo de vibrar da gaiola.

Tabela 3 - Condições para análise de frequências naturais da estrutura

Massa total da estrutura [kg]	30,0
Massa do piloto [kg]	50,0
Gravidade [m/s ²]	9,8066

Tabela 4 – Quadro das frequências naturais da estrutura.

Modos	Frequências [Hz]		Erro [%]
	Número de Nós: 93903	Número de Nós: 688922	
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	1,01E-05	0	0,00101
5	1,66E-03	1,56E-03	0,01000
6	2,50E-03	2,39E-03	0,01100
7	48,013	47,996	1,7
8	64,016	63,991	2,5
9	67,013	66,982	3,1
10	87,027	86,961	6,6
11	104,015	103,94	7,5
12	111,631	111,554	7,7

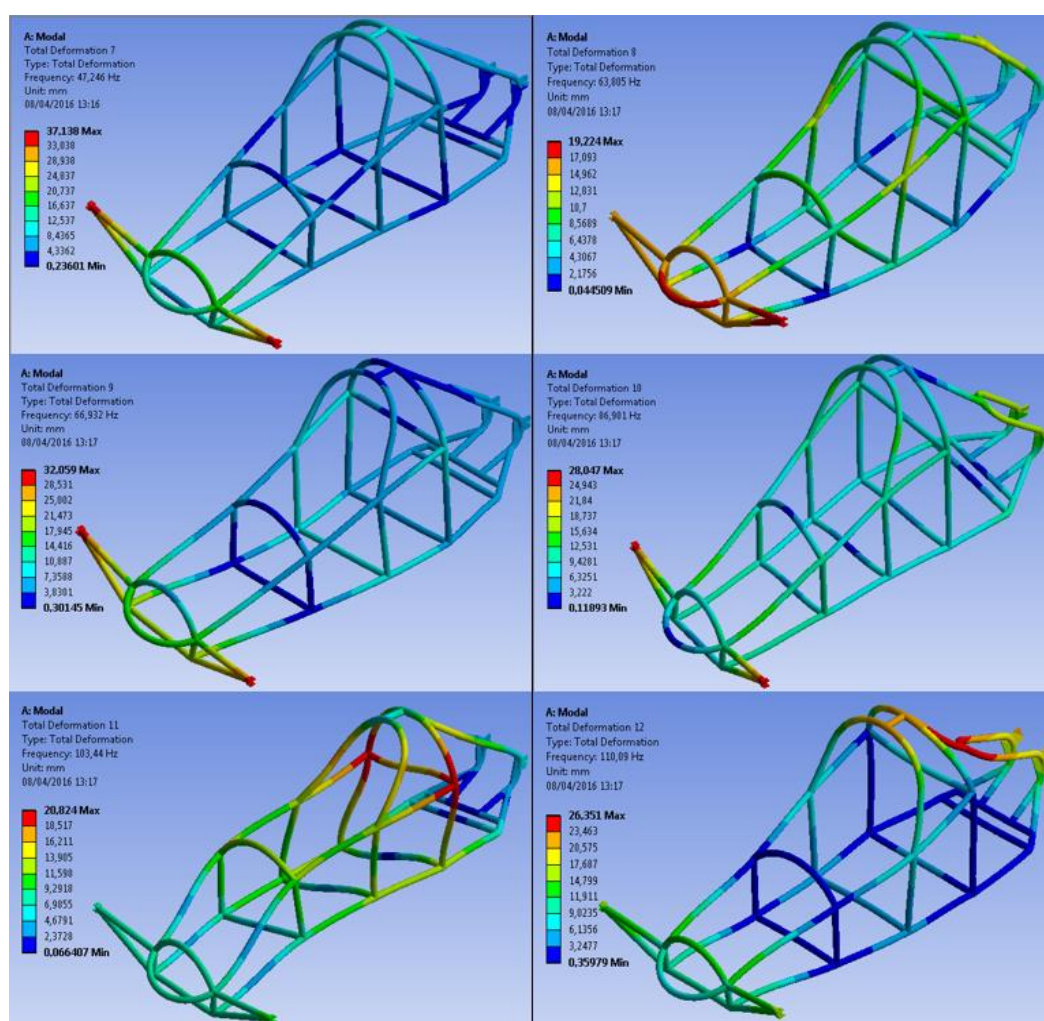


Figura 6 - Modos de vibrar equivalentes a 7º até 12º frequência natural.

2.1.3. Estática

Nesta análise, a estrutura será submetida a ação de uma carga vertical com configuração de carregamento uniformemente distribuído. O carregamento aplicado sobre a estrutura é equivalente à massa total do veículo incluindo todos os sistemas e o piloto. Ainda, conforme apresentado por Ribeiro *et al.* (2014), A análise estática das estruturas tem por objetivo principal quantificar a magnitude dos esforços internos e dos deslocamentos que se manifestam em qualquer sistema estrutural, quando o mesmo é submetido a um carregamento, desprezando-se o efeito das forças de amortecimento e das forças de inércia. Por meio dessa análise podem-se avaliar os níveis de tensões quando o componente é submetido

às cargas similares as encontradas na realidade, com o intuito de verificar se a mesma não ultrapassa para o regime plástico.

Segundo Furtado *et al.* (2013), a análise estática é realizada submetendo a estrutura a carregamentos arbitrários, desprezando-se os efeitos das forças de inércias e amortecimento. Através desse procedimento é possível quantificar a magnitude dos esforços internos e dos deslocamentos correspondentes na estrutura. Uma vez que determinadas essas magnitudes, aplica-se o critério de falha estrutural por deformação elástica. Para esse critério, a deformação da estrutura deve satisfazer a relação linear de *tensão x deformação* que rege o estado de deformação elástica da estrutura em função do escoamento característico do material utilizado. Portanto, para a análise estática da estrutura tubular foram elencadas as seguintes condições na Tab. 5. Na Fig. 7, observa-se que o valor máximo para a distribuição de tensões equivalente ao critério de Von-Mises é verificado no arco superior da estrutura, onde a tensão é de aproximadamente 2,77 MPa. Como já apresentado na Tab. 2, este valor é ínfimo quando relacionado às propriedades do Alumínio 6061 T6.

Tabela 5 - Condições para análise estática da estrutura

Massa total do veículo [kg]	30,0
Massa do piloto [kg]	50,0
Gravidade [m/s ²]	9,8066

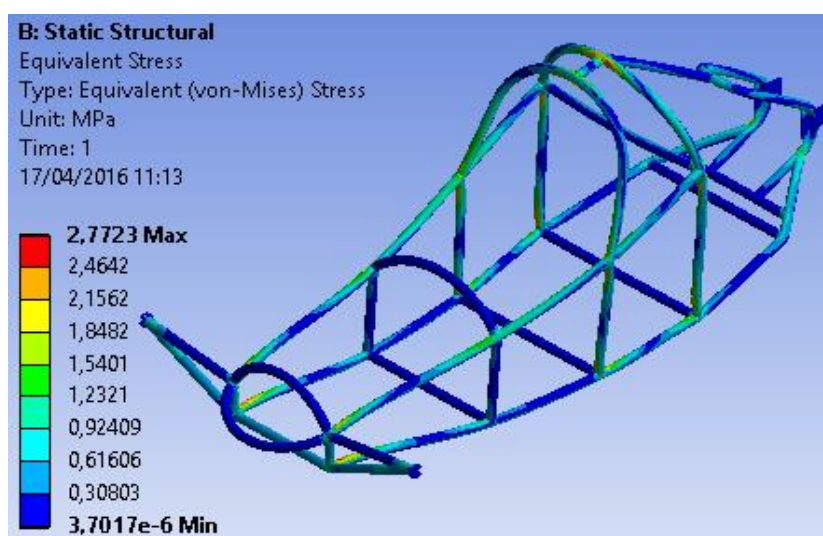


Figura 7 - Pós-processamento análise estática, tensões equivalentes de Von-Mises.

O esforço ao qual a estrutura é submetida impõe sobre a estrutura uma tensão que está muito aquém da tensão necessária para iniciar o escoamento do material, o que recorre na conclusão que a estrutura é rígida.

2.1.4. Colisão

Atualmente, os dados estatísticos acerca do trânsito mostram que aproximadamente 44% dos acidentes decorrem de colisões. Destas colisões, grande maioria são do tipo frontal, cuja principal causa são as ultrapassagens irregulares. Como é possível observar na Fig. 8, o quantitativo percentual de colisões laterais também é bastante acentuado, seguido pelas colisões do tipo traseira.

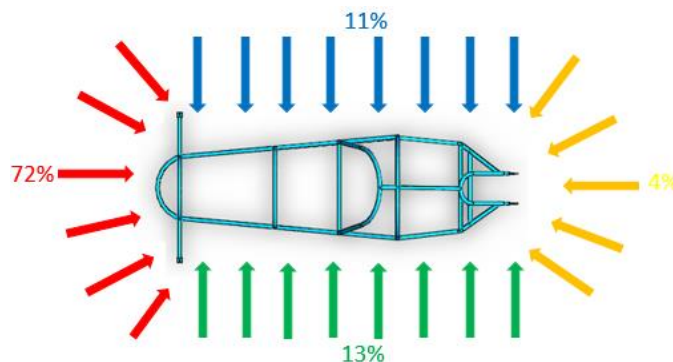


Figura 8 - Quantitativo percentual dos tipos de colisões.

A fim de reduzir a complexidade para determinar os valores para a aceleração máxima desenvolvida pelo veículo e a

força de reação da colisão foi-se necessário fazer algumas simplificações. As simplificações da modelagem do problema baseiam-se nas leis da mecânica Newtoniana para determinar a *aceleração máxima x força de reação na colisão* contra um corpo rígido em regime estático. Para resolver o problema foi empregado o software de modelagem matemática WOLFRAM MATHEMATICA, o diagrama de corpo livre é representado na Fig. 9. Após incrementar a rotina e os dados no programa, obteve-se o valor de $5,07852 \text{ m/s}^2$ para aceleração máxima na direção indicada na Fig. 9.

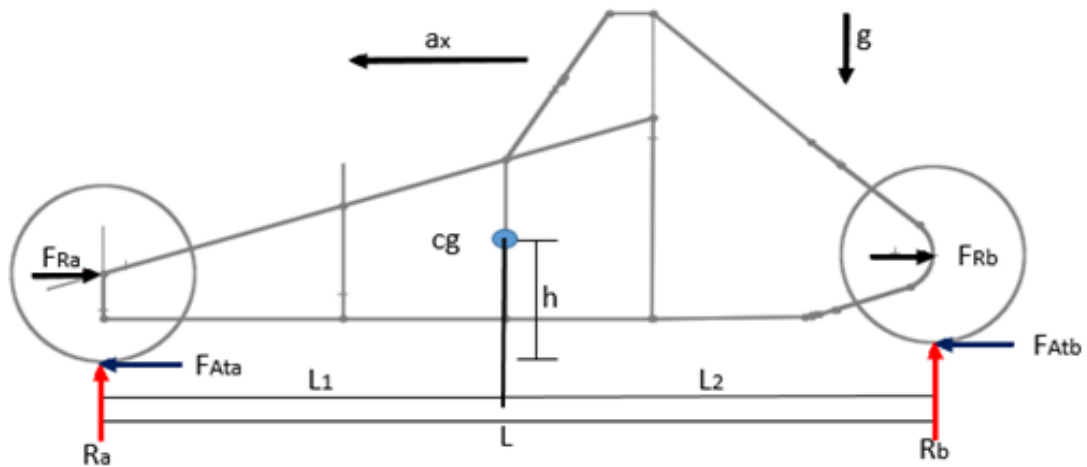


Figura 9 - Diagrama de corpo livre utilizado para determinar a aceleração máxima do veículo.

A observação do comportamento da estrutura na situação de uma colisão consiste de duas condições para análise, uma para a colisão frontal total, a outra para colisão lateral à direita, pela simetria da estrutura pode-se concluir que a simulação de colisão com as mesmas condições para um dos lados, direito ou esquerdo, é homologa ao outro. A simulação do impacto frontal dar-se-á com as seguintes circunstâncias, o veículo trafega com a velocidade de 45 km/h , considerando as massas do sistema, incluindo todos os sistemas embarcados e piloto e colide com um poste/parede de material extremamente rígido, fazendo a estrutura receber um esforço de mesma direção do plano de deslocamento no sentido oposto. E o impacto lateral consiste no veículo inicialmente em repouso recebendo a aplicação da força oriunda da colisão em suas barras laterais. Após análise simplificada é possível deliberar o valor de $0,4063 \text{ kN}$ para a força resultante da colisão. Nas Fig. 10 e Fig. 11 é possível observar que, para as mesmas condições, a colisão lateral foi a que obteve a maior taxa de deslocamento, cerca de $1,3143 \text{ mm}$, enquanto a colisão frontal apresenta uma taxa de deslocamento de apenas $0,13622 \text{ mm}$.

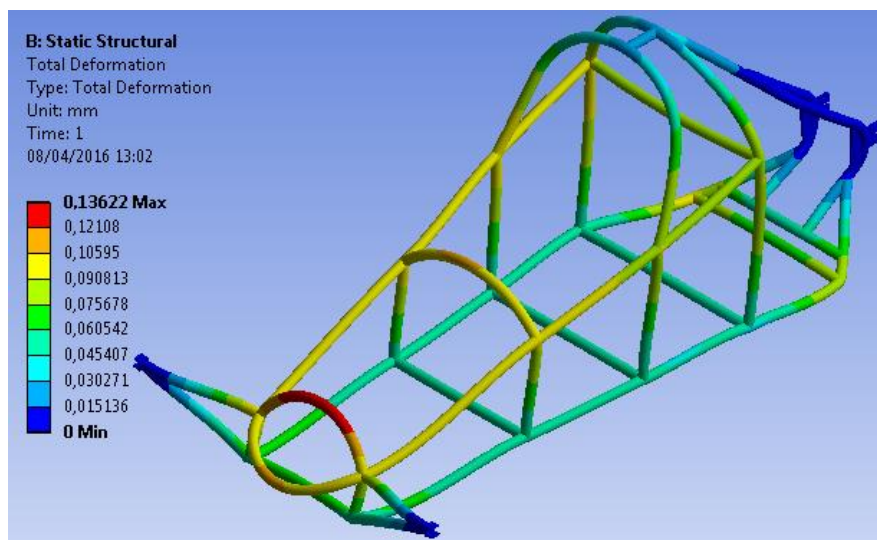


Figura 10 - Deslocamentos totais apresentados na estrutura durante a simulação de colisão frontal.

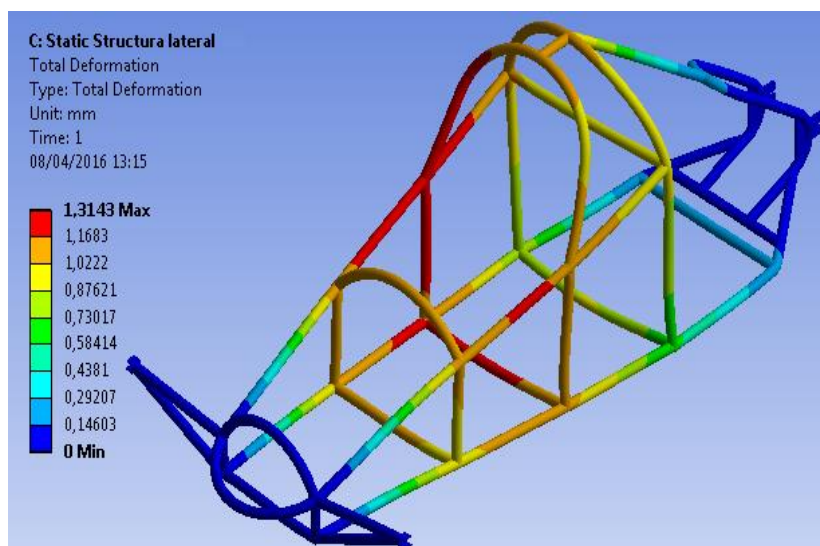


Figura 11 - Deslocamentos totais apresentados na estrutura durante a simulação de colisão lateral.

3. ERGONOMIA

Em um breve estudo sobre a ergonomia da estrutura, pode-se constatar que levando em consideração o pouco tempo ao qual o piloto ficará no veículo e o habitáculo em si, com as dimensões do condutor (Tab. 6), a postura do piloto em situação normal de pilotagem e com o cinto afivelado não trará desconforto ao mesmo. Na Fig. 12 é possível observar um esboço de como ficará a postura do piloto.

Tabela 6 – Dimensões do piloto para ergonomia

Elemento	Dimensão [m]
Altura do piloto	1,60
Comprimento do braço	0,74
Comprimento da perna	0,92
Altura do Tronco	0,55
Altura da Cabeça	0,28
Largura dos Ombros	0,44

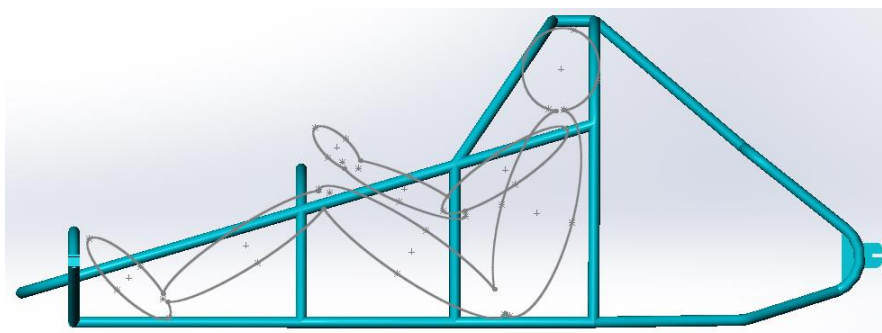


Figura 12 - Postura do piloto.

4. CONCLUSÕES

Os objetivos pertinentes à elaboração deste trabalho foram, na medida do possível, alcançados de maneira satisfatória. Visto que por meio das simulações realizadas na estrutura é possível afirmar que a mesma se comporta de modo extremamente seguro nas condições as quais a competição exige e das análises expressivas pode-se extrair que a estrutura não apresentará falhas. É válido ressaltar que as análises foram de fundamental importância para o desenvolvimento do projeto e não poderiam ter seus resultados ignorados.

A execução do projeto ainda está em andamento, em uma fase intermediária, entretanto, até o presente momento, a oportunidade de poder aliar os conhecimentos teóricos à experiência de participar de uma competição desse nível é de grande valia para a consolidação profissional dos futuros engenheiros.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores estão agradecidos à FAPEMA, CAPES e CNPq pelo apoio financeiro e à Universidade Federal do Maranhão – UFMA pela infraestrutura, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

6. REFERÊNCIAS

- ALCOA, Alcoa Alumínio no Brasil alcoa.com, 2010, “Catálogo de Ligas Têmperas 2010”.
- Furtado, D.C., 2013, “Análise Estrutural de Chassi de Veículos Automotivos”, Universidade de Brasília – UnB, Faculdade UnB Gama, Engenharia Automotiva.
- Moura, H.G., 2010, “Métodos de Identificação de Forças em Sistemas Vibroacústicos”, Dissertação de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.
- REGULAMENTO, Regulamento da Maratona Universitária da Eficiências Energética, 2015, disponível em: <<http://www.maratonadaeficiencia.com.br/regulamento23042015maratona.pdf>>, acessado em Fevereiro de 2016.
- Ribeiro, W.A., 2014, “Projeto GNU do Cerrado Kart-Cross: Descrição, Ergonomia e Análise Estrutural”, Universidade de Brasília – UnB, Faculdade UnB Gama, Engenharia Automotiva.
- 3D APRENDA MECÂNICA, “O que é SolidWorks”, disponível em < <http://www.aprendamecanica.com.br/blog/15/o-que-e-solidworks>>, acessado em Março de 2016.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

STRUCTURAL ANALYSIS OF A CHASSIS FOR MANUFACTURE OF CRAFT

Victor Gustavo Ramos Costa dos Santos, victorgustavorcosta.santos@gmail.com¹
Vilson Souza Pereira, vilson.sp@ufma.com²

¹Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP – 65080-805, São Luís - MA

Abstract. In this article, a structural analysis study is conducted in a tubular chassis structure for manufacturing craft vehicles. For carrying out the analyzes were studied the main requirements for design of the cage type chassis, based on rules of academic fist competitions, as MUEE (University Marathon Energy Efficiency) and SAE (Society of Automotive Engineering). A review of design criteria on conditions of impacts, ergonomics and static and dynamic loadings were made, with the emphasis on static charges analyzed by the criteria of von Mises.

Keywords: Structural Analysis, Chassis, Ergonomics, Impact.