

ANÁLISE DE IMPACTO FRONTAL EM UM CHASSI SPACE FRAME DO TIPO MINI BAJA

EMANUEL NOGUEIRA DE QUEIROZ¹; ARLINDO PIRES LOPES²; ADRIANA ALENCAR SANTOS³

¹Discente de Engenharia Mecânica, Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Manaus-AM,
emanuelqueiroz.eng@gmail.com;

²Professor e Ph.D. em Engenharia de Estruturas, Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Manaus-AM,
alopes@uea.edu.br

²Engenheira Mecânica e M.Sc. em Engenharia de Materiais, Universidade do Estado do Amazonas – UEA,
Manaus-AM, drica.eng@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho objetivou simular as condições de impacto frontal em um chassi de um veículo Mini Baja, identificando e otimizando os pontos críticos da estrutura que possam comprometer a integridade do piloto e dos demais subsistemas. Na metodologia foi adotada a modelagem computacional no software Autodesk Inventor® e a modelagem matemática no software ANSYS®. A condição dinâmica foi adaptada para uma análise quase-estática, para a simplificação do estudo. Aplicaram-se os devidos parâmetros tanto da estrutura quanto da condição da colisão. Os resultados demonstraram que o chassi se manteve no regime elástico com a tensão máxima de 189.26 MPa e fator de segurança de 2.33. A estrutura respondeu bem aos esforços aplicados na colisão, não afetando o espaço do piloto. Deste modo, considerou-se a estrutura otimizada para este tipo de impacto.

PALAVRAS-CHAVE: Baja, impacto frontal, chassi, elementos finitos.

FRONTAL IMPACT ANALYSIS ON A MINI BAJA SPACE FRAME CHASSIS

ABSTRACT: This work aimed to simulate the frontal impact conditions in a chassis of a Mini Baja vehicle, identifying and optimizing the critical points of the structure that can compromise the pilot integrity and other subsystems. In the methodology was adopted a computational modeling in the software Autodesk Inventor® and a mathematical modeling in the software ANSYS®. The dynamic condition was adapted for a quasi-static analysis, for a simplification of the study. Were applied the due parameters both in the structure as the collision condition. The results demonstrated that the chassis was maintained at the elastic regime with a maximum stress of 189.26 MPa and a safety factor of 2.33. The structure responded well to the efforts applied in the collision, not affecting the space of the pilot. In this way, we consider a structure optimized for this type of impact.

KEYWORDS: Baja, frontal impact, chassis, finite elements.

INTRODUÇÃO

A SAE (Society of Automotive Engineers) é uma organização sem fins lucrativos que busca promover, desenvolver e avançar nos estudos da engenharia aeroespacial, automobilística e da indústria montadora de automóveis (SAE, 2018). Tal organização realiza eventos estudantis como as competições de Baja, Aerodesign, Fórmula, etc. Na competição de Baja, os veículos são projetados com o intuito de desenvolver conceitos teóricos e práticos assimilados pelos docentes de universidades de engenharia. Tais veículos são testados em terrenos irregulares de barro a fim de trabalhar todos os subsistemas dos mesmos de forma crítica, isto é, testando a capacidade dos protótipos de vencerem diversos tipos de obstáculos em circuitos off-road.

Durante o evento, existem vários procedimentos para a avaliação do veículo, que na verdade consistem na aprovação do comitê da competição para que o mesmo possa participar da corrida principal, o “*Endurance*”. Os protótipos devem passar por obstáculos difíceis como troncos, buracos

e lama, além de superar os carros concorrentes em percursos acirrados. Todas estas dificuldades devem ser estudadas premeditadamente durante o projeto de um protótipo.

Segundo Rocha (2004), o sucesso do desenvolvimento de produtos das empresas automobilísticas, está relacionado com a utilização de novos conceitos e tecnologias, que tornam a atividade de projeto mais eficiente. A utilização de ferramentas computacionais é uma delas, pois, segundo Santos (2007), permite uma redução de custos, de tempo de desenvolvimento e lançamento do produto, sendo possível prever e simular o comportamento dos sistemas mecânicos veiculares.

Considerando-se a importância da segurança do piloto em situações de risco, faz-se necessária a realização de simulações estáticas para determinar a integridade da estrutura durante o impacto frontal, tendo como objetivo identificar e mapear as zonas de risco do chassi, e em caso destas zonas prejudicarem a performance do veículo, é relevante analisar as possibilidades de otimização da estrutura.

METODOLOGIA

A análise de impacto consiste na simulação do chassi quando submetido à uma carga na sua dianteira, prevista por imitar a colisão com outro veículo. Para a realização da simulação, utilizou-se o software ANSYS®. As etapas da análise foram subdivididas em: definição de geometria, definição de material, parametrização de malha, definição de carregamentos, definição de condições de contorno e execução da simulação.

O modelo computacional da simulação deve ser projetado preferencialmente em plataformas CAD/CAE que proporcionem a sua modelagem em 3D, de acordo com as definições de projeto pré-estabelecidas.

A geometria da estrutura é importada para o ANSYS®, e em seguida o seu material é aplicado no modelo a partir da biblioteca de materiais do próprio software, de acordo com as definições do projeto real. Em seguida, deve-se definir o tipo de malha do modelo.

Segundo Babu (2012), os principais tipos de elementos utilizados nas malhas são os hexagonais, tetraédricos, elementos de casca e elementos de viga. Deve-se definir o elemento adequada para a malha do modelo em função da sua geometria e da sua distribuição pelo mesmo, de modo a preservar a integridade dos elementos e minimizar distorções nos resultados.

Utiliza-se o método da curva de convergência e refina-se a malha da estrutura de modo a garantir o equilíbrio entre tempo de processamento e qualidade de aproximação dos resultados. (Kurowski, 2002)

Conforme Silva (2015), ao se realizar a simulação de impacto, converte-se o estudo dinâmico para o quase-estático para fins de simplificação da análise, realizando a análise em um instante de tempo. Para a definição da carga de impacto, adota-se a equação de Impacto, em que:

$$I = m \cdot v = F \cdot \Delta t$$

Onde “m” é a massa do veículo carregado em kg, “v” é a velocidade do veículo em m/s, “F” é a força de impacto em N e “Δt” é o intervalo de impacto.

Ainda de acordo com o autor, no momento em que o chassi recebe uma carga frontal, suas condições de contorno se restringem à suspensão do lado oposto, isto é, as condições de contorno tornam-se os próprios pontos de fixação da suspensão traseira.

Por fim, com todos os parâmetros da análise já definidos, a mesma é realizada, com intenção de analisar as tensões máximas, deslocamentos e fatores de segurança.

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

O modelo computacional utilizado na simulação é projetado no software Autodesk Inventor® de acordo com as normas da SAE Brasil, vigentes em 2018. Trata-se de um chassi de Baja que é composto pelo material com as especificações da Tabela 1.

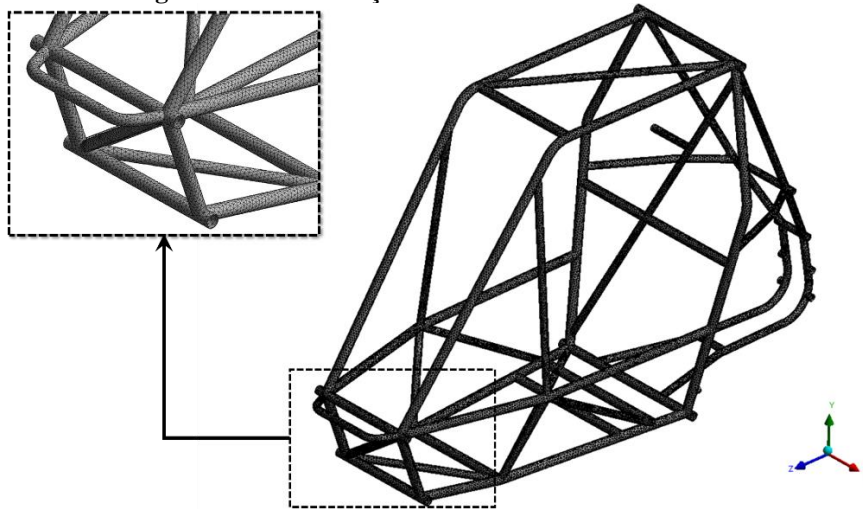
Tabela 1 – Especificações e propriedades do material

Material	Aço SAE 1020
Módulo de Elasticidade	205 GPa
Limite de Escoamento	350 MPa
Dimensões	Ø31.75 x 1.6 mm; Ø25.4 x 1.2mm

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Kurowski (2004), O tipo de elemento adotado para a malha é do tipo tetraédrico, visto que de acordo com sua distribuição em elementos de baixa espessura atua de maneira uniforme, isto é, sem grandes distorções nos elementos e nos resultados. A distribuição da malha pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1 – Discretização de malha em elementos finitos.



Fonte: Autoria própria.

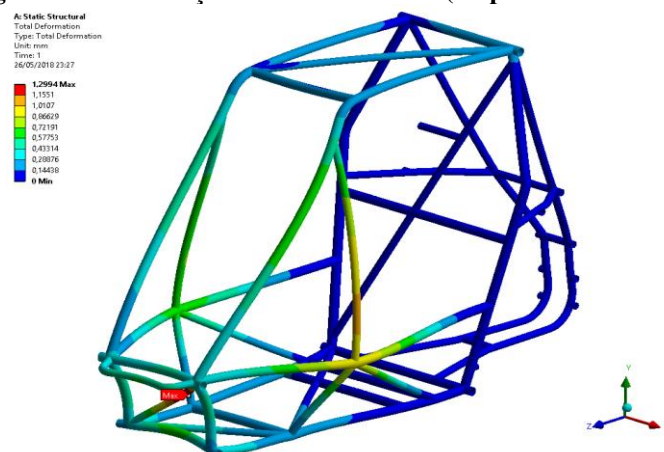
Para o modelo em questão, o projeto do protótipo contabiliza a massa do veículo com todos os seus subsistemas para 190 kg. Considerando-se um piloto de porte médio para o mesmo – 1.70 m de altura e 60 kg –, estima-se a massa total do veículo carregado para 250 kg.

Embora os veículos de Baja consigam atingir velocidades máximas em torno de 60 km/h, em situações reais na prova de “Endurance”, os mesmos não conseguem atingi-las por conta das adversidades da pista. De acordo com Silva (2015), durante as competições de Baja, os veículos se deslocam na maior parte do tempo com velocidades próximas a 30 km/h. Desta forma, conforme ESSS (2009), considera-se o impacto do veículo com a velocidade anterior em um instante de tempo de 0.1 s, que é considerado como o tempo médio do instante de colisão, resultando em uma força de impacto de 20.83 kN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A força estimada para o veículo é definida quando o mesmo está em linha reta e colidindo com outro corpo, que pode ser algum obstáculo ou até mesmo outro veículo. Os tubos sofreadores do impacto atingem baixos valores de tensão – abaixo do limite de escoamento do material –, não se encontrando tensões de ruptura. Os pontos de maior deflexão localizam-se nos tubos da face frontal do veículo e tais deflexões se propagam para a parte trás da estrutura, diminuindo a amplitude à medida que avança. A deformação máxima do chassi é de 1.29 mm, ocorrida justamente em um dos tubos onde a carga é aplicada (Figura 2).

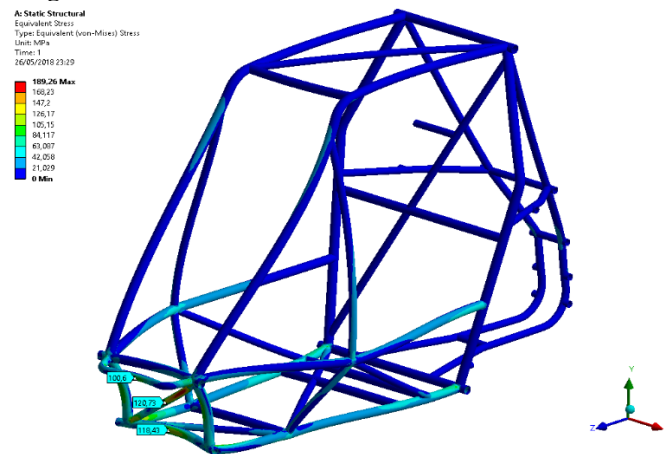
Figura 2 – Deformação total da estrutura (amplificada 100 vezes).



Fonte: Autoria própria.

A tensão máxima atingida é de 189.26 MPa, valor correspondente à 54,07% do limite de escoamento do material, ou seja, no ponto que recebe maior esforço a deformação da estrutura permanece no regime elástico. Os tubos frontais do chassi possuem tensões máximas abaixo da tensão máxima atingida, variando entre 100 e 120 MPa, de acordo com a Figura 3.

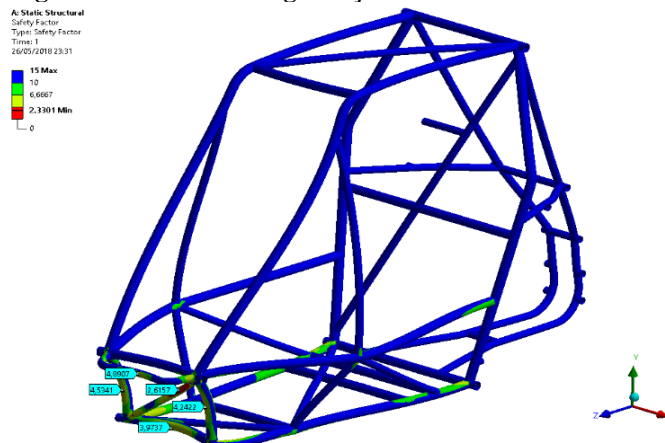
Figura 3 – Tensões de Von-Mises máximas na estrutura.



Fonte: Autoria própria.

Dentre a determinação dos fatores de segurança da estrutura, tem-se o valor de 2.33 como o menor fator encontrado (Figura 4). Os tubos frontais do chassi possuem os fatores de segurança mínimos variando entre 2.6 a 4.89.

Figura 4 – Fatores de segurança na dianteira da estrutura.



Fonte: Autoria própria.

Os tubos que sofrem maior deformação não estão no habitáculo do piloto, isto é, não comprometem a integridade física do mesmo. O estresse e o valor do deslocamento se revelam como valores desejados com um fator de segurança maior que 1 para esta análise.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados das análises a deflexão máxima estão dentro dos limites de segurança e conforto. Além disso, o material deforma dentro do regime elástico, garantindo a integridade da estrutura. Pode-se então concluir que pelas análises de impactos quase-estáticos realizadas e analisada pelo método dos elementos finitos, é possível garantir que a estrutura do chassi é eficaz, estável e resistente o suficiente para o seu propósito de projeto. Os resultados obtidos não apresentam a necessidade de otimização da estrutura, isto é, a mesma não necessita de reforços treliçados para diminuir a concentração das tensões. Para dar continuidade ao trabalho, sugere-se a realização de um teste experimental prático de impacto frontal, comparando os resultados a serem obtidos com os resultados computacionais.

REFERÊNCIAS

- BABU, P.K. Ajeet. “Design, Analysis and Testing of the Primary Structure of a Race Car for Supra SAEINDIA Competition”. SAE International, 2012.
- BAJA SAE Brasil. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil>> - Acesso em 04/2018.
- COSTIN, Michael; PHIPPS, David. “Racing and Sports Car Chassis Design”. 2 ed. Cambridge: R. Bentley, 1967. 1 p
- Engineering Simulation and Scientific Software – ESSS. “Aplicações de ‘crashworthiness’ utilizando o LS-DYNA”. Disponível em: <https://www.esss.co/blog/wp-content/uploads/2009/08/ESSS_Artigo_Tecnico_20.pdf> - Acesso em 04/2018.
- GILLESPIE, Thomas D. “Fundamentals of Vehicle Dynamics”. Society of Automotive Engineers Inc. USA, 1992.
- HAPPIAN-SMITH, J. “An Introduction to modern vehicle design”. Butterworth Heinemann, 2002.
- KUROWSKI, Paul M. “Finite element analysis for design engineers”. Warrendale: SAE International, 2004. 185p.
- LIMA, A., Randis, *et al.* “Montagem e modelagem de chassi para automóvel movido à energia fotovoltaica”. Diálogos Interdisciplinares, 172-189. Disponível em: <<https://revistas.brazcubas.br/index.php/dialogos/article/view/344>> - Acesso em 04/2018.
- MAT, Mohd Hanif; GHANI, Amir Radzi Ab. “Design and Analysis of 'Eco' Car Chassis”. Procedia Engineering, Malaysia, p. 1756-1760, 2012.
- ROCHA, F. K. “Desenvolvimento de uma metodologia para análise de estrutura veicular”, UFSC, 2004.
- RUBENSTEIN, James M., “Making and Selling Cars: Innovation and Change in the U.S. Automotive Industry”. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001.
- SANTOS, V. L. “Estudo da dinâmica vertical de um veículo através da teoria de sistemas Multicorpos”, Trabalho de conclusão de curso, Politécnica USP, 2007.
- SILVA, George, “Projeto de um Chassi tipo Baja SAE e Analise de Colisões em Regime Elástico”, UEA, 2015 - > Acesso em 04/2018.
- SILVA, J. G. S. et al. “Análise Estrutural de Chassis de Veículos Pesados com Base no Emprego do Programa ANSYS”. Universidade do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.
- SOUSA, H. J. “Análise Estrutural do Veículo Terrestre Mini Baja Utilizando o Método dos Elementos Finitos”. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Estadual do Maranhão. UEMA, 2006.
- VILELA, Daniel. “Aplicação de métodos numéricos de otimização ao problema conjunto da dirigibilidade e conforto veicular”. 2010. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos II, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- WATERMAN, Brendan J. “Design and Construction of a Space-frame Chassis. Final Year Project Thesis submitted to School of Mechanical and Chemical Engineering”. University of Western Australia, 2011.