

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Mecânica Automotiva

Geovane de Oliveira Passos

Iago Caetano Bento

CONSTRUÇÃO CHASSI PARA A COMPETIÇÃO BAJA SAE

**Geovane de Oliveira Passos
Iago Caetano Bento**

CONSTRUÇÃO CHASSI PARA A COMPETIÇÃO BAJA SAE

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecânica Automotiva.

Orientador: Prof. Roberto Bortolussi

Santo André
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

P289c

Passos, Geovane de Oliveira

Construção chassi para a competição baja SAE / Geovane de Oliveira Passos, Iago Caetano Bento. - Santo André, 2020. – 32f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2020.

Orientador: Prof. Roberto Bortolussi

1. Mecânica. 2. Veículos. 3. Construção. 4. Competição. 5. Chassi. 6. Tecnologia. 7. Baja SAE. I. Bento, Iago Caetano. II. Construção chassi para a competição baja SAE.

629.2

Geovane de Oliveira Passos
Iago Caetano Bento

CONSTRUÇÃO CHASSI PARA A COMPETIÇÃO BAJA SAE

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecânica Automotiva.

BANCA EXAMINADORA

Local: Fatec Santo André

Horário: 18:30

Data: 10/12/2020

Prof. Dr. Roberto Bortolussi
Presidente da Banca
Fatec Santo André

Prof. Dr. Fernando Garup
Primeiro membro da Banca
Fatec Santo André

Prof. Dr. Murilo Zanini
Segundo Membro da Banca
Fatec Santo André

SANTO ANDRÉ

2020

Dedicamos este trabalho a nossa
família e aos professores da
FATEC Santo André.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os professores que nos ajudaram a adquirir conhecimento para chegar até aqui, em especial ao professor Fernando Garup que nos orientou para o desenvolvimento da monografia e ao professor Orientador Roberto Bortolussi que nos orientou dando o caminho para chegar neste trabalho e assim nos preparar para o próximo semestre onde iremos construir o chassi.

“Nada é difícil se for dividido em
pequenas partes.”
Henry Ford

RESUMO

A competição BAJA SAE BRASIL é uma competição nacional e regional entre universidades, onde os alunos com orientações de professores e profissionais da área da engenharia, desenvolve um projeto e constrói um veículo fora de estrada e o leva para competir, além de corridas de velocidade o veículo tem que atravessar alguns obstáculos. Este trabalho é uma continuidade do Trabalho de conclusão de curso realizada na instituição FATEC Santo André “PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO ESTRUTURAL DO VEÍCULO BAJA SAE” feito pelos alunos Atila Paulino, Paulo Henrique Vieira e Thomas Barbosa Tavares. Neste trabalho iremos realizar a construção do chassi para o veículo BAJA, seguindo as normas técnicas regidas pelo regulamento, com o intuito de colocar a instituição FATEC Santo André em futuro próximo na competição trazendo visibilidade para a instituição e alunos que nela estuda.

Palavras chaves: Construção Chassi, Fabricação, Competição BAJA SAE, Corrida Escolares.

ABSTRACT

The BAJA SAE BRASIL competition is a national and regional competition between universities, where students with guidance from professors and engineering professionals, develop a project and build an off-road vehicle and take it to compete, in addition to speed races vehicle has to cross some obstacles. This work is a continuation of the course conclusion work carried out at the FATEC Santo André institution “PROPOSAL FOR STRUCTURAL OPTIMIZATION OF THE BAJA SAE VEHICLE” made by students Atila Paulino, Paulo Henrique Vieira and Thomas Barbosa Tavares. In this work we will carry out the construction of the chassis for the BAJA vehicle, following the technical rules governed by the regulation, in order to place the FATEC Santo André institution in the near future in the competition, bringing visibility to the institution and students studying in it.

Keywords: Chassis Construction, Manufacturing, BAJA SAE Competition, School Racing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Habitáculo do Baja	12
Figura 2: Membros da Gaiola de Proteção.....	13
Figura 3: Exemplo package.....	14
Figura 4: Ponto H.	16
Figura 5: Aplicações das práticas SAE para passageiro	16
Figura 6: Powertrain	18
Figura 7: Exemplo de corte de tubo	21
Figura 8: Especificações de uma junta de solda	23
Figura 9:Análise rigidez a flexão e escoamento	26
Figura 10: Análise flexão e deslocamento.....	26
Figura 11: Análise torção e escoamento	27
Figura 12: Análise torção e deslocamento	28

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: Normas recomendadas pela SAE aplicadas aos passageiros para Design de interior.....	16
Quadro 1: Componentes Interior.....	17
Quadro 2: Elementos Basicos Powertrain.....	18
Quadro 3: Funções que determinarão o mecanismo de mola e suspensão.....	19
Quadro 4: Cronograma projeto graduação.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FATEC- Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo

SAE - Society of Automotive Engineers - Sociedade de Engenheiros Automotivos

ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR -Norma Técnica

kN - KiloNewton

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. HISTÓRICO DO PROGRAMA BAJA SAE	11
3. REQUISITOS DO PROJETO VOLTADO PARA O CHASSI	11
3.1. Gaiola de proteção	12
4. PACKAGE.....	14
4.1. Sistemas.....	15
4.2. Ocupantes	15
4.3. Interior	17
4.4. Trem de Força.....	18
4.5. Rodas e pneus	19
4.6. Suspensão e chassi	19
4.7. Carroceria	20
5. PROCESSO DE FABRICAÇÃO	20
5.1. Usinagem	21
5.2. Conformação mecânica	22
5.3. Soldagem	22
6. ENSAIOS ESTRUTURAIS PARA CHASSI	23
6.1. Ensaio de flexão	24
6.2. Ensaio de torção.....	24
6.3. Análise modal	24
6.4. Análise de flambagem.....	24

7. METODO ELEMENTOS FINITOS (MEF).....	25
8. ANÁLISE ESTRUTURAL DO CHASSI.....	26
8.1. Análise de rigidez a flexão.....	26
8.2. Análise de rigidez a torção	27
9. ESCOPO TECNICO CONSTRUÇÃO CHASSI BAJA SAE	28
9.1. Máquinas e ferramentas	28
9.2. Processo de Fabricação	29
10. CRONOGRAMA	30
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

Com o intuito de iniciar um projeto que coloque os conhecimentos adquiridos durante o curso em prática, que possa trazer visibilidade para os alunos e professores da instituição e colocar a FATEC (Faculdade de tecnologia do Estado de São Paulo) Santo André para participar da competição BAJA SAE (Sociedade de Engenheiros Automotivos) tornou-se necessário a fabricação de um chassi seguindo as normas impostas pelo regulamento técnico, este chassi será a base e o início de uma longa jornada onde outros alunos poderão projetar e construir outros sistemas para este veículo fora de estrada.

Este projeto terá como objetivo a construção do chassi sendo assim uma continuidade do trabalho de conclusão de curso apresentado na instituição FATEC Santo André no ano de 2016 pelos alunos Atila Paulino, Paulo Henrique Vieira e Thomas Tavares com o título “PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO ESTRUTURAL DO VEÍCULO BAJA SAE”, aqui iremos apresentar os métodos e processos de fabricação que serão utilizados na fabricação da estrutura principal do veículo o chassi, esta estrutura é a base para todos os outros sistemas do veículo como freio, suspensão e direção, suportando os esforços que este veículo sofrera para durante a competição.

A primeira etapa para iniciar este projeto será seguir todos os requisitos do regulamento BAJA SAE 2019 voltado para a construção do chassi e segurança do piloto. Depois de analisar o regulamento faremos o packge do veículo usando dados antropométricos para fazer um veículo que atenda de forma segura 99% da população.

A próxima etapa vamos apresentar os métodos e processos de fabricação como o processo de soldagem utilizado, processo utilizado para corte e dobrar para os tubos da estrutura.

2. HISTÓRICO DO PROGRAMA BAJA SAE

O Programa Baja SAE foi criado pelo Dr. John F. Stevens na Universidade da Carolina do Sul, nos Estados Unidos tendo sua primeira edição em 1976. Em 1991 teve o início das atividades do SAE BRASIL. Em 1994 teve o lançamento do Programa Baja SAE BRASIL e no ano de 1995 teve a sua primeira competição nacional, na pista Guido Caloi, no bairro do Ibirapuera na cidade de São Paulo (PAULINO; VIEIRA; TAVARES, 2016).

3. REQUISITOS DO PROJETO VOLTADO PARA O CHASSI

Para a construção do chassi para a competição baja SAE BRASIL iremos seguir o regulamento Administrativo e Técnico BAJA SAE BRASIL com última revisão em 30 de setembro de 2019.

Segundo o regulamento o veículo deve ter quatro rodas ou mais não dispostas em linha reta, tendo a largura 1,62 metros no ponto mais largo com as rodas viradas para frente, e seu comprimento não tem restrições, mas é recomendado manter o comprimento em no máximo 2,74 metros já que as provas são montadas levando em conta a largura máxima e este comprimento.

O veículo é um protótipo de um produto comercial devendo seguir a norma ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR (Norma Técnica) 6068 no que se diz a capacidade ergonômica, devendo acomodar condutores de todos os portes desde o percentil masculino 99% ao percentil feminino 1%. O Baja deve ter capacidade de acomodar um condutor 1,9 metros de altura, como peso de 109 KG até um condutor de 1,45 metros de altura, com peso de 45 kg. Os condutores devem ser capazes de se acomodar-se em posição confortável, utilizando todo o equipamento de segurança, e ter controle sobre todos os pedais.

O veículo deve ser capaz de demonstrar uma operação segura e transpor obstáculos fora de estrada, como rochas, banco de areia, troncos, aclives, lama, travessias rasas de água, e suas combinações, em quaisquer condições climáticas. O Baja

deve ter um vão livre em relação ao solo e capacidade trativa adequada para as condições de operações esperadas.

Exemplos de obstáculos com dimensões:

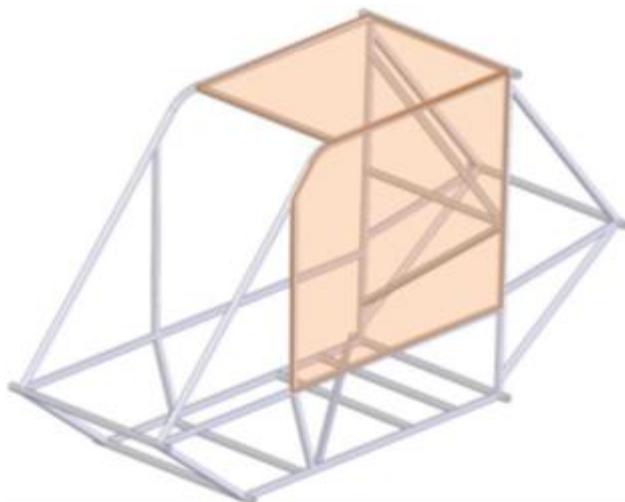
- Aclives de 100% de inclinação (45°) e 5 metros de comprimento.
- Travessias rasas de água e lama de 0,3 metros de profundidade.
- Troncos com 0,4 metros de diâmetro.
- Curvas com raios mínimos de 3,5 metros (medindo do centro do veículo).

3.1. Gaiola de proteção

O veículo deve ter uma gaiola de proteção que tem o objetivo de manter um espaço mínimo ao redor do piloto. Esta gaiola deve ser projetada e fabricada para prevenir qualquer falha de sua integridade.

O capacete do piloto deve ter no mínimo 152mm de distância de uma reta aplicada a quaisquer dois pontos membros da gaiola de proteção que definem o habitáculo, excluindo os suportes do banco, encosto de cabeça e cinto de segurança. A reta é aplicada à parte externa dos tubos, retirando os revestimentos acolchoados.

Figura 1: Habitáculo do Baja

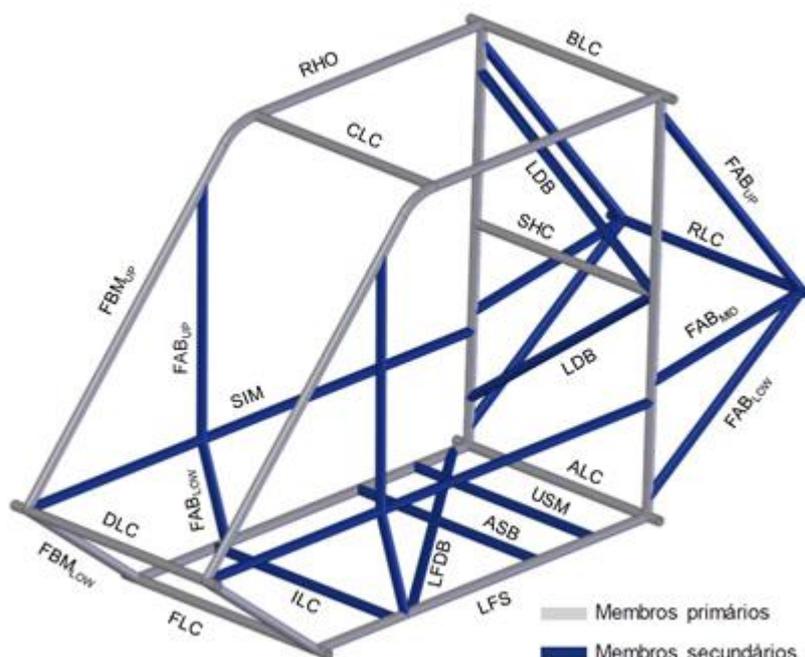


Autor: Regulamento administrativo e técnico BAJA SAE BRASIL

O corpo tem um espaço livre mínimo de folga no habitáculo, os ombros, quadril, coxas, joelhos, braços, cotovelos, e mãos do piloto devem ter folga mínima de 76mm até uma reta aplicada a quaisquer dois pontos nos membros da gaiola de proteção que definem o habitáculo. Nenhuma parte do corpo e vestimenta deve se estender ao habitáculo. As pernas devem ter folga mínima de 76mm até todas as superfícies rígidas diretamente acima ou a frente de si. Tais superfícies devem ser acolchoadas e estes revestimentos não são considerados na medição.

Esta estrutura tem que seguir regras na sua construção para garantir a segurança do piloto. Esta gaiola tem que ser construída de aço tubular tendo os membros obrigatórios da figura 2.

Figura 2: Membros da Gaiola de Proteção



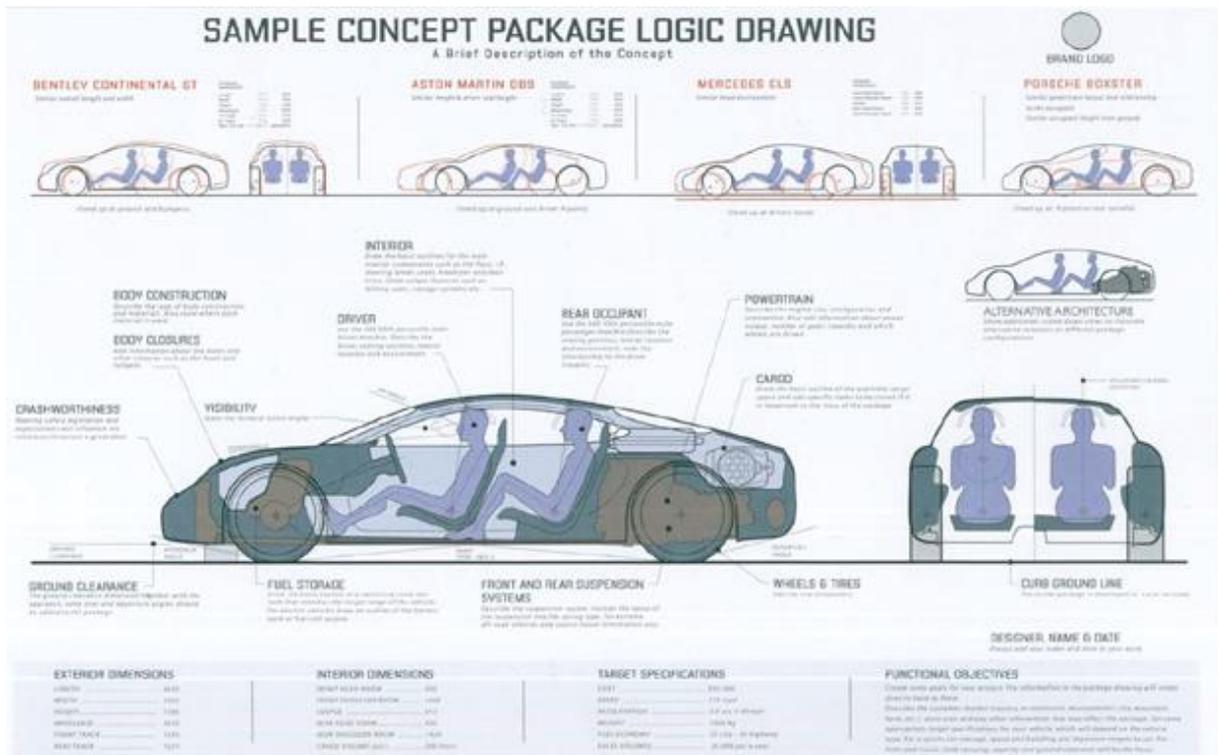
Autor: Regulamento administrativo e técnico BAJA SAE BRASIL

Membros primários RRH, RHO, FBM, ALC, BLC, FLC, CLC, DLC, LFS e SHC.
Membros secundários LDB, SIM, FAB, USM, ASB, LFDB, ILC e RLC

4. PACKAGE

O Package faz parte de um grupo de etapas para o projeto de um novo veículo, segundo Macey e Wardle (2008) o projeto de um veículo inicia com pesquisa de mercado, clientes e concorrentes, com estas pesquisas os designers fazem esboços (Sketch) com as tendências de mercado, posicionamento do veículo ao mercado e comparação com concorrentes. Após os esboços inicia o package onde definimos dimensões do veículo e temos o início das acomodações dos componentes de interior e exterior dentro das dimensões do veículo de forma que possa acomodar os outros componentes que não são de designer como o motor e cambio.

Figura 3: Exemplo package



Autor: Stuart Macey e Geoff Wardle

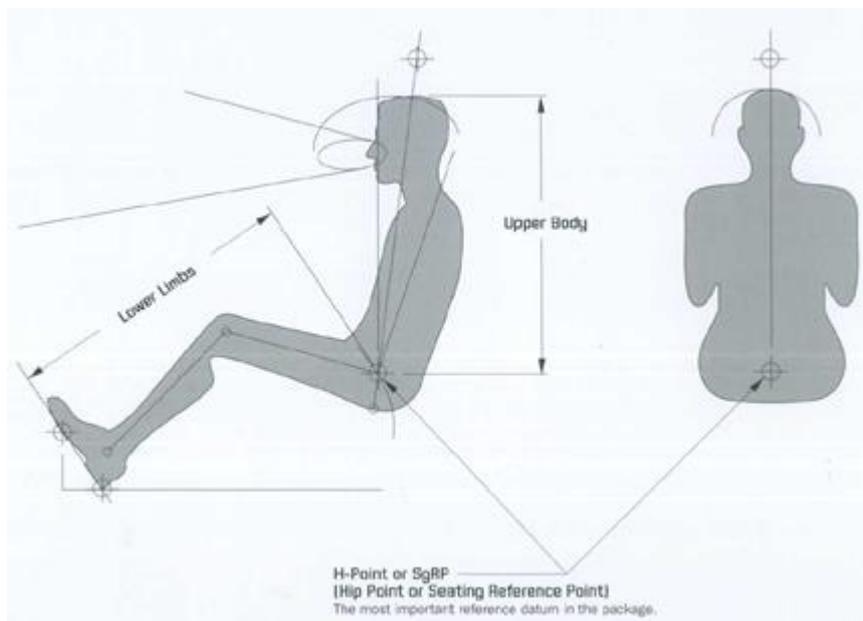
4.1. Sistemas

Segundo Macey e Wardle (2008) cada package é composto pelos mesmos grupos de sistemas. Estes sistemas mudam conforme os objetivos funcionais do veículo. Cada um dos componentes que compõe os diferentes sistemas é embalado em um envelope espacial, que permite movimento, tolerâncias de fabricação, folgas, isolamento térmico, manutenção e montagem.

4.2. Ocupantes

Para Macey e Wardle (2008) os veículos devem ser projetados de dentro para fora se referindo aos ocupantes e não para os sistemas internos do veículo. O principal objetivo é configurar o motorista e os passageiros de forma confortável e segura criando um obstáculo ao redor deles usando os principais dados geométricos como referência para gerar o resto do veículo. O ponto mais importante de referência para o Package é o ponto do quadril (H) do motorista como mostra a figura 4. As empresas de automóveis usam vários manequins para atender esta finalidade. Já para Reed (1999) o ponto H é importante para todos os outros designs de interiores.

Figura 4: Ponto H.



Autores: Stuart Macey e Geoff Wardle

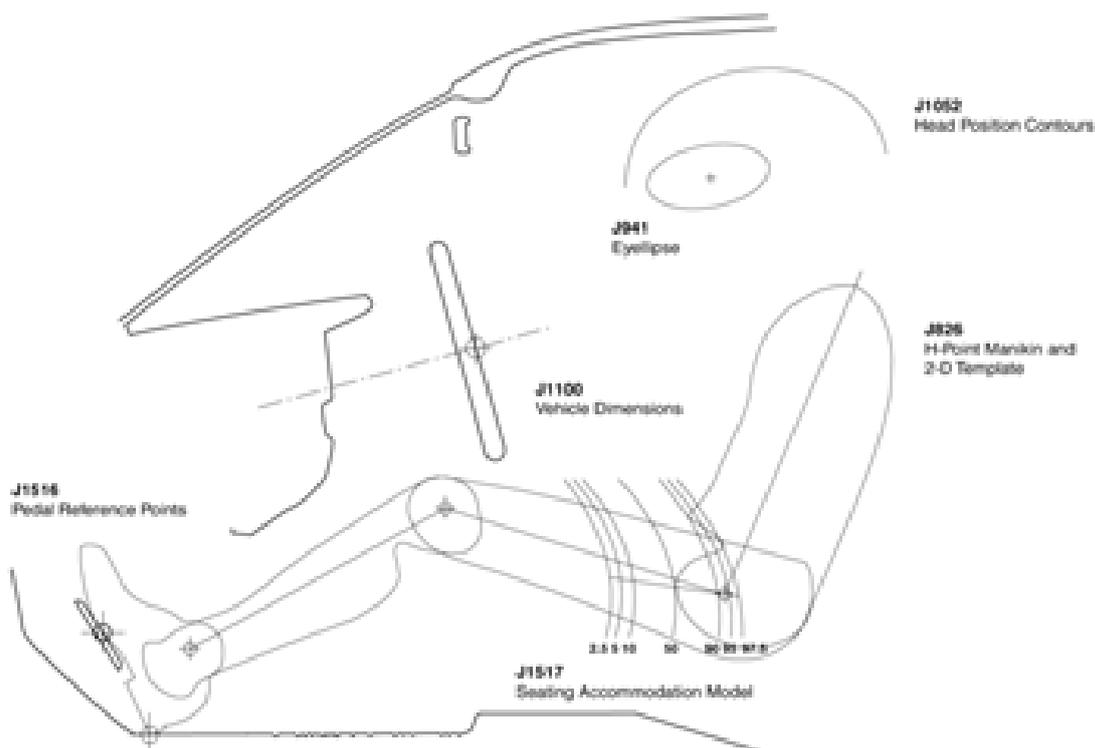
Na tabela 1 temos as normas SAE que tem objetivo de recomendar as práticas para projetos na parte de ergonomia e na figura 5 mostra onde elas são aplicadas (REED 1999).

Tabela 1: Normas recomendadas pela SAE aplicadas aos passageiros para Design de interior.

Practice	Title
J182	Motor Vehicle Fiducial Marks
J287	Driver Hand Control Reach
J826*	Devices for Use in Defining and Measuring Vehicle Seating Accommodation
J941*	Motor Vehicle Driver's Eye Range
J1052*	Motor Vehicle Driver and Passenger Head Position
J1100*	Motor Vehicle Dimensions
J1516*	Accommodation Tool Reference Point
J1517*	Driver Selected Seat Position

Autores: Matthew P. Reed, Ron W. Roe, Miriam A. Manary, Carol A. C. Flannagan and Lawrence W. Schneider.

Figura 5: Aplicações das práticas SAE para passageiro



Autores: Matthew P. Reed, Ron W. Roe, Miriam A. Manary, Carol A. C. Flannagan and Lawrence W. Schneider.

4.3. Interior

Os componentes com compõe o sistema do interior podem ser divididos em sete apresentados no quadro 1. Normalmente são fabricados e desenvolvidos por vários fornecedores que trabalham para a indústria automotiva desde o início do processo de design. Geralmente estes componentes são entregues na linha de montagem pronto para instalar. O design do interior costuma seguir o exterior.

O conceito importante que deve ser seguido é que o interior deve ser seguro, de modo que cada componente seja projetado para reduzir lesões nos ocupantes em caso de colisões (MACEY; WARDLE, 2008).

Quadro 1: Componentes Interior

Controles, Instrumentos e Interruptores
Guarnições- (capas das colunas)
Painel de Instrumentos e Console.

Telemática (Central multimídia, On Star)
HVAC (Climatização Veicular)
Carpete
Assentos e Cintos de Segurança

Autor: Próprio autor

4.4. Trem de Força

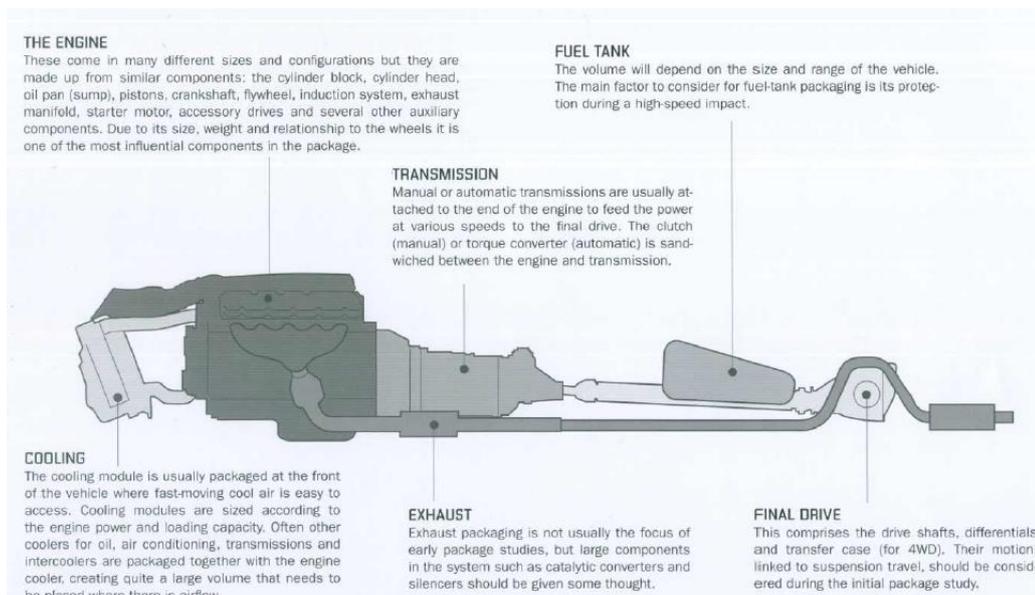
O trem de força (powertrain) é o conjunto motriz do veículo, ele pode ser dividido em seis elementos básicos mostradas no quadro 2. Na figura 6 mostra um trem de força em uma vista lateral e seus elementos básicos. Ele está disposto na longitudinal com motor dianteiro e tração traseira. Existem outras configurações de motores e componentes, mas sempre apresentam os mesmos elementos básicos (MA-CEY; WALDLE, 2008).

Quadro 2: Elementos Basicos Powertrain

Motor
Transmissão
Tanque de Combustivel
Escapamento (Exaustor)
Unidade Final (Diferencial)
Arrefecimento

Autor: Proprio autor

Figura 6: Powertrain



Autores: Stuart Macey e Geoff Wardle

4.5. Rodas e pneus

Quando o projetista escolhe o tamanho da roda e pneu, o objetivo é que fique funcional tanto esteticamente quanto a sua funcionalidade. O ponto de partida para a escolha do diâmetro é o diâmetro externo do pneu pois no veículo ele é limitado. A largura do pneu dependerá dos requisitos de desempenho na tração, frenagem e curvas. A resistência ao rolamento, o custo e a especificação do package também são levados em conta. Os tamanhos aproximados de rodas e pneus devem ser definidos bem cedo no projeto geralmente logo após a definição do package do sistema de ocupantes (MARCEY; WARDLE, 2008).

4.6. Suspensão e chassi

A escolha do tipo de sistema de suspensão que atenda os objetivos funcionais do veículo deve ser realizada na fase de concepção do package. Os principais objetivos da suspensão são proporcionar conforto para os ocupantes e manter os quatro pneus em contato com o solo (MACEY; WARDLE, 2008). No quadro 3 vemos algumas funções que determinarão o tipo de mecanismo de mola/ amortecedor.

Quadro 3: Funções que determinarão o mecanismo de mola e suspensão

Transporte de carga pesada
Curso suspensão e articulações
Manuseio
Conforto
Custo
Restrições do Packge

Autor: Próprio autor

4.7. Carroceria

Segundo Macey e Wardle (2008) a carroceria é uma das montagens mais complexas de um veículo de passageiros, consumindo grande parte dos recursos destinados ao projeto, tanto em mão de obra quanto em investimento. Além de ser uma peça complexa de engenharia, sendo o elemento mais ligado com arquitetura geral do veículo e sua aparência. A estrutura da carroceria tem 4 funções principais, proteger ocupantes e carga, fornece pontos de conexão para todos os outros componentes, fornecer

5. PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O processo de conformação dos metais já vem acompanhando os seres humanos a um bom tempo, no começo ele era utilizado para atender as necessidades da época, hoje em dia pode ser utilizado para fazer diversos produtos, como joias, peças artísticas, peças mecânicas entre outras coisas, e esses processos foram evoluindo de acordo com a tecnologia sendo capaz de utilizar diferentes materiais e ter variados resultados com o custo e tempo.

Existem diversos processos, mas na mecânica são utilizados alguns principais como fundição, conformação mecânica, usinagem e soldagem. Para a construção do chassi vamos utilizar tubos de aço carbono SAE 1018, entre os principais processos não utilizaremos a fundição pois o material vai ser utilizado como ele é comercializado.

5.1. Usinagem

Este método de conformação do material é definido como um processo que remove material e existe a formação de cavaco, pode se dar a peça dimensões, acabamento e forma. O cavaco é uma porção que sai do material no meio do processo e tem forma irregular. A usinagem é fundamental para a produção de uma peça e quase todas passam por esse processo.

Tem fundamento no atrito entre um material mais duro que seria a ferramenta que vai desgastar o material mais mole no caso a matéria prima que vai virar um produto no final, esse desgaste é feito através de alguns movimentos, e assim temos os tipos de usinagem, como por exemplo fresar, lixar, tornear, serrar e muitos outros. Também temos alguns métodos não convencionais como remoção por jato d'água, remoção térmica, remoção química etc.

No projeto de construção do chassi a utilização da usinagem seria na hora de dar dimensões aos tubos, utilizando de uma serra por ser de fácil acesso e mais adequado a essa situação.

Figura 7: Exemplo de corte de tubo



Autor: Manual Baja SAE 2016

5.2. Conformação mecânica

Esse processo de fabricação utiliza de forças externas aplicadas ao material para que se tenha uma deformação plástica, pode ser feito com a matéria prima quente ou fria. Diferente da usinagem quando é utilizado esse processo não existe a retirada de material, o material também pode ganhar outras características, um exemplo é a forja que fornece dureza a peça. Outro tipo interessante é a dobra pois consegue definir formatos ao material, sem ter que usinar ou soldar.

5.3. Soldagem

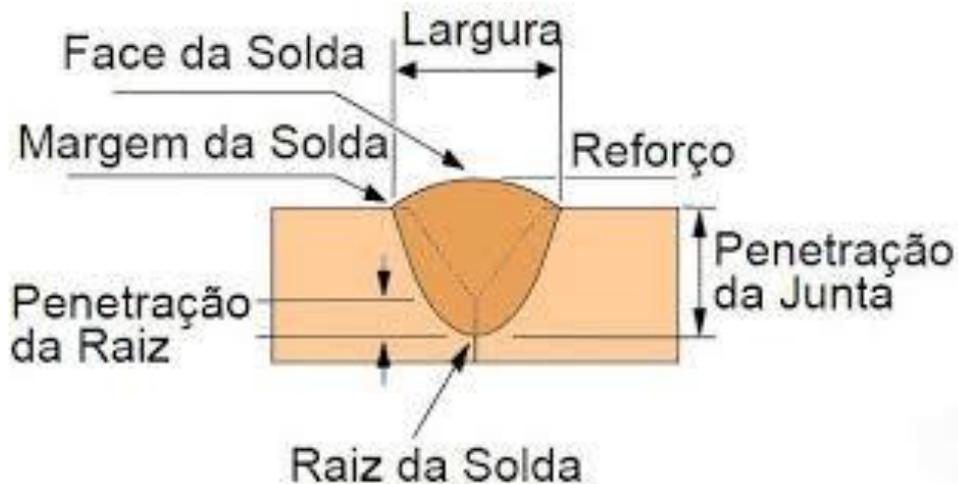
É um método de união de peças de um material, mas também pode ser utilizado para recuperar peças desgastadas ou para um recobrimento de superfícies, para q se tenha características especiais na área coberta. Pode ser com ou sem adição de material, sem adição é feita apenas na fusão das duas peças. Esse processo pode ser comparado a fixação de duas peças por parafuso, porém não é possível fazer a desmontagem depois que ocorreu o processo.

Os dois métodos mais utilizados para se fazer uma soldagem são a chama através de um maçarico e arco elétrico. Todo tipo de junta feita por esse processo possui normas para que ela tenha uma eficiência, e garanta a sua utilização, um

ponto importante é a penetração da solda no material, ela não pode ser superficial pois isso não garante resistência mecânica.

Após feito um trabalho com esse recurso é feito uma série de testes para que se garanta a segurança na utilização da peça, eles podem ser destrutivos ou não destrutivos, alguns desses testes que podem ser feitos são, de dobramento, tração, impacto, dureza, corrosão, radiografias e ultrassom.

Figura 8: Especificações de uma junta de solda



Autor: desconhecido.

Como citado no manual do baja SAE existem cortes específicos para os tubos, para que se possa fazer uma boa união por solda, esses cortes otimizam a montagem de um tubo em outro, facilitando também o trabalho de solda. O manual também cita os testes necessários para as soldas utilizadas, são eles ensaio de tração, ensaio de penetração e de corte.

6. ENSAIOS ESTRUTURAIS PARA CHASSI

A análise de estruturas mecânicas sempre foi alvo de pesquisas, pois é possível aplicar o uso antes de ter a fabricação com isso podendo ter atualizações de melhoras, isso tem evoluído muito com os softwares atuais que permitem saber cada detalhe.

6.1. Ensaio de flexão

Este ensaio permite saber onde são os pontos de tensões e as deformações durante o uso da estrutura, o comportamento se dá igual quando está sendo usado em sua aplicação. A análise é feita aplicando forças nos pontos de fixação da suspensão dianteira e deixando os pontos de fixação da suspensão traseira fixos.

6.2. Ensaio de torção

O ensaio de torção de um chassi é feito para se descobrir o valor de rigidez torcional, isto é saber o quanto um chassi torceu desde sua parte frontal até seus pontos de fixação da suspensão traseira. Ele é feito a partir do encastramento das fixações da suspensão traseira e a aplicação de forças nos braços da suspensão dianteira, fazendo o esforço de torção no chassi.

6.3. Análise modal

Análise modal é um método de analisar a estrutura através de um modelo matemático que representa o comportamento dinâmico da peça, esse estudo é feito a fim de se obter parâmetros como: frequências naturais, modo de vibração, fator de amortecimento. Esses parâmetros são constantemente determinados através de modelos teóricos, porém com a análise modal eles são facilmente encontrados por meio experimental.

6.4. Análise de flambagem

A flambagem que também pode ser chamada de encurvatura, acontece em peças onde sua espessura é muito menor que seu comprimento, geralmente ocorre quando há grande esforço axial. Esse fenômeno é considerado uma instabilidade elástica da peça, pode ocasionar em perda de estabilidade sem que o material tenha chegado na sua tensão de escoamento.

A análise de flambagem serve para saber quanto de carga sua peça vai aguentar sem que ela fique instável, ou sabendo a carga aplicada podemos descobrir as dimensões da peça para ter um funcionamento seguro.

7. METODO ELEMENTOS FINITOS (MEF)

O método de elementos finitos (MEF) surgiu por volta da metade do século XX com o surgimento dos computadores. Os Fundamentos matemáticos do MEF era conhecidos a tempos porém as ferramentas de cálculos disponíveis inviabilizaram sua implementação e uso.

No início foi aplicado para análise de problemas mecânica dos sólidos, mas logo a sua aplicação estendeu a análise de outros fenômenos físicos, da análise estática passou para dinâmica e de problemas lineares passou para não lineares. Passou a analisar fenômenos simultâneos, graças as interfaces mais intuitivas dos programas atuais (REDDY, 1993).

Segundo Silva (2011) O método dos elementos finitos, consiste em uma aproximação numérica para resolução de equações diferenciais por integração. Este método é aplicado através da divisão de um sistema ou conjunto que será analisado em partes discretas menores. O MEF é utilizado correntemente para a resolução de problemas da mecânica do contínuo, obtendo uma ótima precisão na solução de problemas de engenharia.

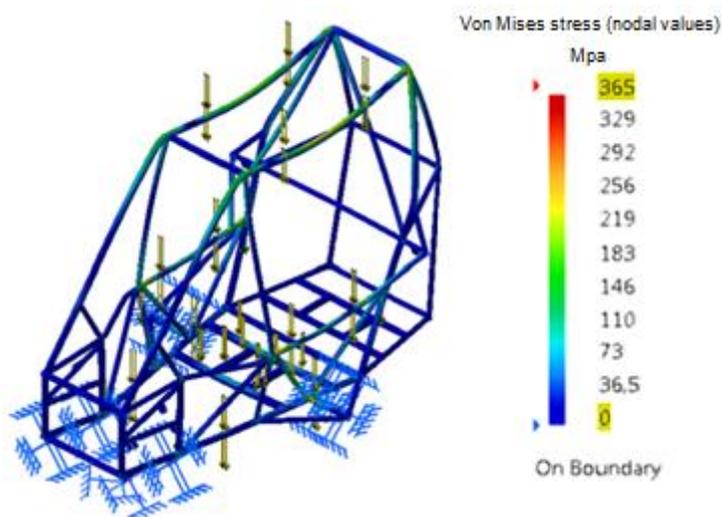
8. ANÁLISE ESTRUTURAL DO CHASSI

As análises estáticas mostradas a seguir foram retiradas do trabalho de conclusão de curso “PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO ESTRUTURAL DO VEÍCULO BAJA SAE”.

8.1. Análise de rigidez a flexão

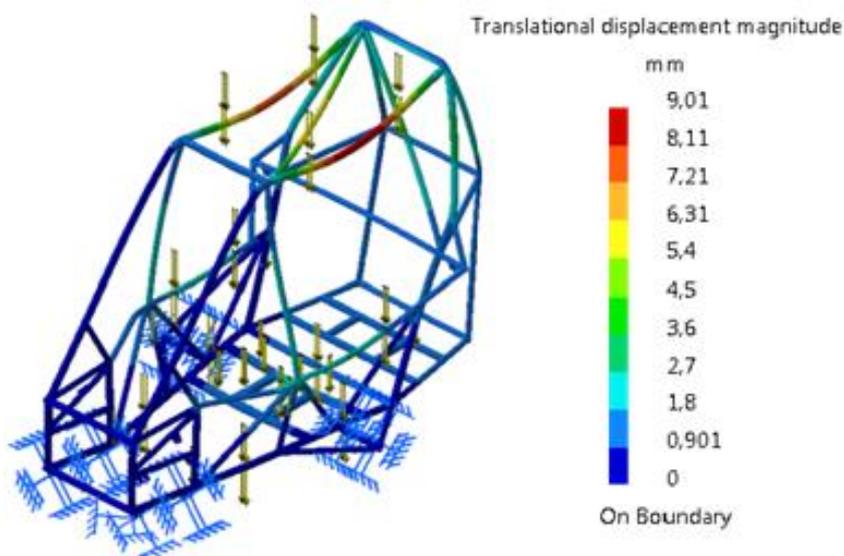
As estruturas foram travadas nos pontos de fixação da suspensão para simular de forma mais real o teste, neste ensaio foi realizado um carregamento de 40 kN (KiloNewton) no sentido vertical descendente conforme mostra a figura 9 (PAULINO; VIEIRA; TAVARES, 2016)

Figura 9: Análise rigidez a flexão e escoamento



Autores: Atila Paulino, Paulo Henrique Vieira e Thomas Barbosa Tavares.

Figura 10: Análise flexão e deslocamento



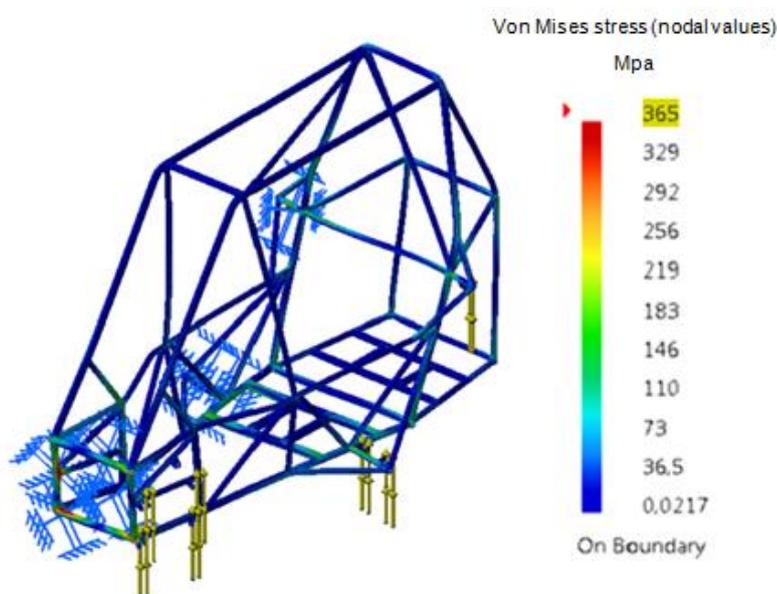
Autores: Atila Paulino, Paulo Henrique Vieira e Thomas Barbosa Tavares.

Conforme podemos ver nas figuras 9 e 10 pela predominância da cor azul a estrutura está superdimensionada.

8.2. Análise de rigidez a torção

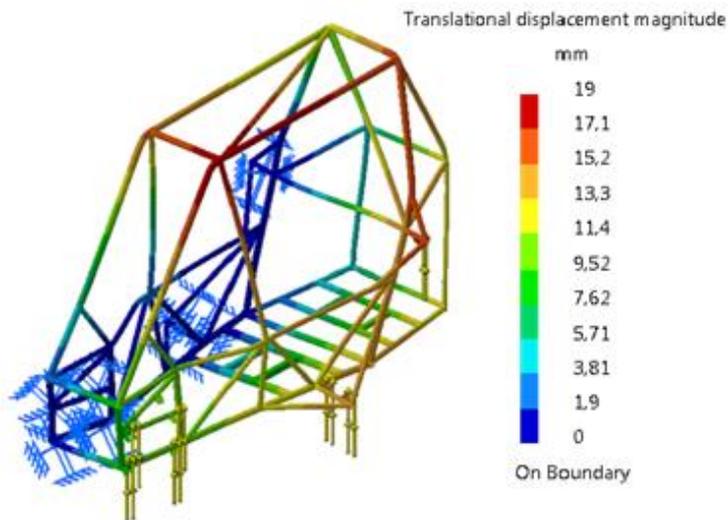
Esta análise tem como objetivo verificar possíveis pontos de tensões na estrutura. Neste teste fixamos os pontos da suspensão apenas de um lado e aplicamos uma carga de 8k N no sentido oposto ao travamento conforme mostra figura 11. (PAULINO; VIEIRA; TAVARES, 2016).

Figura 11: Análise torção e escoamento



Autores: Atila Paulino, Paulo Henrique Vieira e Thomas Barbosa Tavares.

Figura 12: Análise torção e deslocamento



Autores: Atila Paulino, Paulo Henrique Vieira e Thomas Barbosa Tavares.

Conforme mostra na figura 12 temos uma maior de concentração de tensão na frente da estrutura, mas nada que comprometa o seu desempenho, o deslocamento mostrado na figura N esta aceitável (PAULINO; VIEIRA; TAVARES, 2016).

9. ESCOPO TECNICO CONSTRUÇÃO CHASSI BAJA SAE

Para construir este chassi será necessário o uso de ferramentas e máquinas operatrizes para executar esta árdua missão. Neste escopo iremos citar estes itens e descrever métodos e processos para fabricar o chassi.

9.1. Máquinas e ferramentas

1. Torno mecânico- Para torneir os ângulos nas pontas dos tubos formando os pontos de penetração da solda.
2. Serra Fita- Para cortar os tubos.
3. Dobradeira de tubos- Para dobrar os tubos nos ângulos e raios necessários para realizar as montagens.

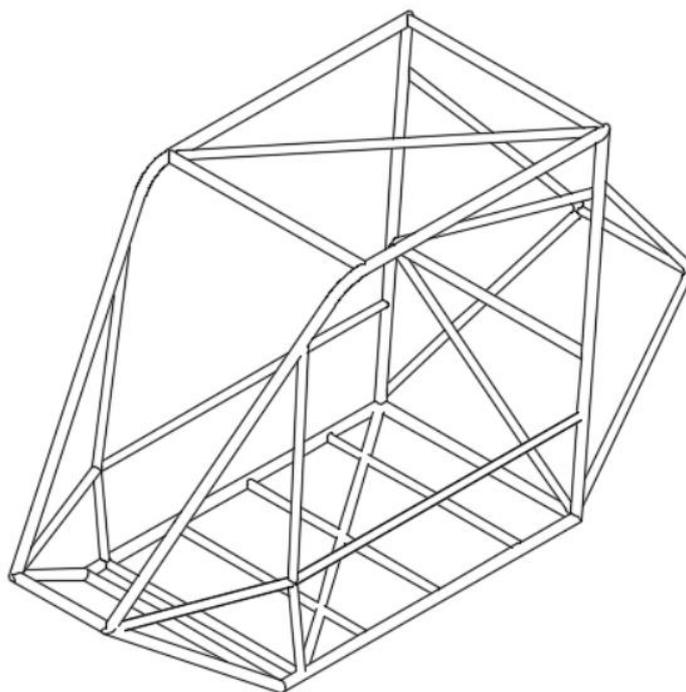
4. Máquina de Solda Mig/Mag (MIG-Metal Inert Gas/MAG- Metal Active Gas). Para soldar os tubos.
5. Esmerilhadeira- Para dar acabamento nas soldas e tirar rebarbas dos cortes dos tubos.

9.2. Processo de Fabricação

Para esta fabricação escolhemos os tubos laminado a frio no material ABNT 1018, para os tubos primários usaremos tubos com diâmetros de 31,75 com espessura de parede de 2mm, para os tubos secundário usaremos tubos de diâmetro de 25,4 com espessura de parede de 1mm.

Na figura 13 temos o desenho do projeto do chassi. Este desenho foi modelado no programa da Autodesk, Fusion 360.

Figura 13: Desenho Chassi Baja SAE



Autor: Próprio Autor

10. CRONOGRAMA

Quadro 4: Cronograma projeto graduação

LEGENDA:  Programado  Realizado

Cronograma	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Pesquisa e conceito					 						
Análise Regulamento			 								
Ensaio em materiais							 				
Construção Chassi									 		
Ensaio no Chassi										 	

Autor: Próprio Autores

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

New Concepts in Vehicle Interior Design Using ASPECT Matthew P. Reed, Ron W. Roe, Miriam A. Manary, Carol A. C. Flannagan and Lawrence W. Schneider University of Michigan Transportation Research Institute 1999.

Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/266569837_999-01-0967_New_Concepts_in_Vehicle_Interior_Design_Using_ASPECT#pf6> acesso em 23/06/2020.

Soldagem I – introdução aos processos de soldagem, MODENESI, Paulo, VILLANI, Paulo, Belo Horizonte 2000.

Disponível em <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/0/03/Perguntas_.pdf> acesso em 23/06/2020.

EWINS, D.J. (2000). Modal testing: theory, practice and application. 2 ed. RSP. London.

BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON JR., E. Russell. Resistência dos materiais. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1995. 652 p.

Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil (RATBS) Ementa 3,

Disponível em <<http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil/regras>> acesso em 03/03/2020.

H-POINT Fundamentals of Car Design & Packaging, Stuart Macey e Geoff Wardle, Pasadena 2008.

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO ESTRUTURAL DO VEÍCULO BAJA

SAE, Atila Paulino, Paulo Henrique Vieira e Thomas Barbosa Tavares Santo Andre, FATEC Santo Andre, 2016.

REDDY, J.N. Introduction to the Finite Element Method, McGraw-Hill. 1993.

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.

Disponível em <
<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/18/trabalhos/NTM020.pdf>> acesso em
01/11/2020.

12. APÊNDICES

12.1. Desenho Técnico Chassi BAJA

