



**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA**



**GABRIEL CAMPOS GOMES
GUILHERME FEUCHARD DE OLIVEIRA
IGOR FIGUEIRA NUNES**

**PROJETO KART-CROSS:
ESPECIFICAÇÃO, ANÁLISE ESTRUTURAL E CUSTOS**

**VOLTA REDONDA
2021**

**GABRIEL CAMPOS GOMES
GUILHERME FEUCHARD DE OLIVEIRA
IGOR FIGUEIRA NUNES**

**PROJETO KART-CROSS:
ESPECIFICAÇÃO, ANÁLISE ESTRUTURAL E CUSTOS**

Trabalho apresentado à banca examinadora do Centro Universitário de Volta Redonda como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira

**VOLTA REDONDA
2021**



**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA**



**GABRIEL CAMPOS GOMES
GUILHERME FEUCHARD DE OLIVEIRA
IGOR FIGUEIRA NUNES**

PROJETO KART-CROSS: ESPECIFICAÇÃO, ANÁLISE ESTRUTURAL E CUSTOS

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“ENGENHEIRO MECÂNICO”**

**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE ENGENHARIA
MECÂNICA**

Prof. Dr. Sandro Rosa Corrêa
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira

1º Membro da banca/Orientador/UniFOA

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe

2º Membro da banca/UniFOA

Prof. Msc. Rui Aurélio Barbosa

3º Membro da banca/UniFOA

Mai de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedicamos esta monografia primeiramente a Deus, nossas famílias, aos professores orientadores, por terem nos proporcionado com zelo todo o suporte necessário para que chegássemos a este momento tão importante.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos deu energia e recursos para progredir e concluir este trabalho.

Aos nossos pais e familiares, que nos incentivaram em todos os períodos do curso.

Aos professores do UniFOA, por toda a atenção, dedicação e paciência ao esclarecer nossas dúvidas.

Enfim, agradecemos a todas as pessoas que fizeram parte desta fase decisiva de nossas vidas.

EPÍGRAFE

“Grandes realizações são possíveis quando se dá importância aos pequenos começos”.

(Lao-Tsé)

RESUMO

O trabalho tem como objetivo projetar o chassi de um Kart-Cross, verificar através de ensaios realizados por um software a disponibilidade da estrutura para os fenômenos a quais ela estará sujeita, especificar componentes e o custo do projeto.

Na metodologia aplicada para analisar a confiabilidade da estrutura projetada, se realizou a aplicação de um software capaz de realizar análises através de métodos matemáticos para expor a estrutura a alguns fenômenos, podendo assim calcular a reação da estrutura a estes fenômenos e apresentar resultados.

Ao se observar e analisar os resultados, se percebeu que toda a estrutura projetada foi suficiente para suportar de maneira segura todas as cargas a ela empregadas, as chapas projetadas também se encaixaram de maneira adequada e fazem o papel para o qual são projetadas.

Visando um veículo de baixa potência, os componentes como itens do Powertrain, sendo um motor BRIGGS de 10 CV se mostra ser suficiente para movimentar toda a estrutura dimensionada.

Com base em todas as informações adquiridas pelo trabalho, o grupo mesmo em um ambiente virtual, chegou a algo bem próximo de um projeto viável.

Palavras-chave: Kart-Cross; componentes de um Kart-Cross; análise estrutural; custo de um Kart-Cross.

ABSTRACT

Research that aims to design the chassis of a Kart-Cross, verify through tests carried out by software application the availability of the structure of the vehicle, for the various phenomena that will act on the material, specify the necessary components and the cost of the project.

The methodology applied to analyze the reliability of the projected structure was carried out by a software, capable of performing structural analyzes through mathematical methods, applying and exposing the structure to some phenomena, and then, being able to calculate the reaction of the structure to these phenomena and present the results.

By observing and analyzing the results, it was noticed that the entire structure projected in its geometry was sufficient to safely support all the loads applied, the projected plates also fitted properly and made the role for which they are designed.

Aiming at a low power vehicle, the components such as Powertrain items, being a 10 HP BRIGGS engine, proves to be sufficient to move the entire dimensioned structure. Then, based on all the information acquired by the research, the group, even in a virtual environment, arrived at something very close to a viable project.

Keywords: Kart-Cross; Kart-Cross components; structural analysis; cost of a Kart-Cross.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Chassi desenvolvido em SOLIDWORKS	3
Figura 2 - Seção transversal do tubo com costura NBR 5580 que será aplicado	3
Figura 3 - Características do tubo NBR 5580.....	4
Figura 4 - Sub chassi desenvolvido em SOLIDWORKS	5
Figura 5 - Catálogo de tubos com seção retangular.....	6
Figura 6 - Vista da seção transversal do tubo de seção quadrada selecionado (mm).....	6
Figura 7 - Comprimento necessário das barras de seção quadrada aplicadas..	7
Figura 8 - Representação das chapas elaboradas em SOLIDWORKS.....	8
Figura 9 - Representação da chapa C1 e suas cotas (mm)	8
Figura 10 - Representação da chapa C2 e suas cotas (mm)	9
Figura 11 – Representação da chapa C3 e suas cotas (mm)	9
Figura 12 - Representação da chapa C11 e suas cotas (mm)	10
Figura 13 - Representação da chapa C4 e suas cotas (mm e graus)	11
Figura 14 - Representação da chapa C5 e suas cotas (mm e graus)	11
Figura 15 - Representação da chapa C6 e suas cotas (mm e graus)	12
Figura 16 - Representação da chapa C7 e suas cotas (mm e graus)	12
Figura 17 - Representação da chapa C8 e suas cotas (mm e graus)	13
Figura 18 - Representação da chapa C9 e suas cotas (mm e graus)	14
Figura 19 - Representação da chapa C10 e suas cotas (mm e graus)	15
Figura 20 - Representação da parte dianteira do assoalho e suas cotas (mm e graus)	16
Figura 21 - Representação da parte traseira do assoalho e suas cotas (mm e graus)	16
Figura 22 - Dimensões para a tela de proteção de borracha	17
Figura 23 - Motor BRIGGS XR 10.0 HP	18
Figura 24 - Curva de potência do motor 19N1 BRIGGS	19
Figura 25 - Capa de bronze embreagem centrífuga.....	21
Figura 26 - Embreagem centrífuga em aço com 13 dentes	21
Figura 27 - Eixo cardã	23
Figura 28 - Exemplo mancal para rolamento	24

Figura 29 - Exemplo de junta homocinética	25
Figura 30 - Tanque de combustível.....	26
Figura 31 - Pedal de alumínio que pode ser aplicado para frenagem.....	27
Figura 32 - Cilindro mestre simples de kombi	28
Figura 33 - Pinça de freio flutuante	29
Figura 34 - Discos de freio	30
Figura 35 - Braço superior e inferior dianteiro	31
Figura 36 - Braço superior e inferior traseiro.....	31
Figura 37 - Terminal rotular esférico	33
Figura 38 – Molas especificadas para utilização no Kart-Cross (YBR 125)	34
Figura 39 - Amortecedor a óleo exemplificado	36
Figura 40 – Conjunto amortecedor e mola especificado (XTZ 125)	37
Figura 41 - Roda de ferro	37
Figura 42 - Ângulos de cambagem	38
Figura 43 - Relação da temperatura do pneu com seu ângulo de cambagem .	39
Figura 44 - Ângulos do Cáster representados lateralmente	40
Figura 45 - Volante.....	40
Figura 46 - Exemplo de coluna de direção.....	41
Figura 47 - Exemplo de caixa de direção	42
Figura 48 - Exemplo de barra de direção	42
Figura 49 - Terminal de Direção.....	43
Figura 50 - Sistema elétrico.....	44
Figura 51 - Bateria.....	45
Figura 52 - Componentes representados enumerados	46
Figura 53 - Extintor de incêndio.....	47
Figura 54 - Retrovisor.....	48
Figura 55 - Banco automotivo	49
Figura 56 - Cinto de segurança estático.....	50
Figura 57 - Distância para o posicionamento do cinto.....	51
Figura 58 - Posição da parte inferior do cinto.....	51
Figura 59 - Fixação do cinto na parte inferior.....	52
Figura 60 - Capacete com viseira.....	53
Figura 61 - Capacete sem viseira.....	53
Figura 62 - Óculos de proteção	54

Figura 63 - Luvas de automobilismo	55
Figura 64 - Macacão de automobilismo	55
Figura 65 - Sapatilha de automobilismo	56
Figura 67 - Balaclava	56
Figura 68 – Análise de variação em mm do chassi	61
Figura 69 - Análise de tensões no chassi (MPa)	62
Figura 70 - Forma para o terceiro modal de vibração (54,526 Hz)	64
Figura 71 – Forma para o quarto modal de vibração (92,5 Hz)	64
Figura 72 – Forma para o quinto modal de vibração (107,55 Hz)	65
Figura 73 - Forma para o sexto modal de vibração (123,34 Hz)	65
Figura 74 – Forma para o oitavo modal de vibração (142,25 Hz)	66
Figura 75 – Forma para o nono modal de vibração (151,63 Hz)	66
Figura 76 – Forma para o décimo modal de vibração (157,260 Hz)	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela representando os dados extraídos para esta barra	7
Tabela 2 - Dados motor BRIGGS selecionado.....	19
Tabela 3 - Especificações e características da bateria	45
Tabela 4 - Resultados obtidos na análise de frequências da estrutura	63
Tabela 5 - Tabela de custos essenciais para projeto do Kart-Cross	69
Tabela 6 - Custo de equipamentos individuais.....	70
Tabela 7 - Custo total do projeto	70

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CBA	Confederação Brasileira de Automobilismo
CIK	<i>Commission Internationale de Karting</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 ESPECIFICAÇÃO	2
2.1 ESTRUTURA DO CHASSI	2
2.1.1 Sub-Chassi.....	4
2.1.2 Chapas.....	7
2.1.3 Assoalho	15
2.1.4 Tela	17
2.2 POWERTRAIN	17
2.2.1 Motor	18
2.2.2 Transmissão.....	19
2.2.3 Embreagem e troca de marcha.....	20
2.2.4 Eixo de tração	21
2.2.5 Junta universal	22
2.2.6 Mancais.....	23
2.2.7 Semi-eixo e homocinética	24
2.2.8 Tanque de combustível.....	25
2.3 SISTEMA DE FREIO	26
2.3.1 Pedal de freio	27
2.3.2 Cilindro mestre	28
2.3.3 Pinça de freio	28
2.3.4 Discos de freio	29
2.4 SISTEMA DE SUSPENSÃO.....	30
2.4.1 Suspensão traseira	30
2.4.2 Suspensão dianteira.....	30
2.4.3 Braços de suspensão.....	30

2.4.4 Manga de eixo.....	31
2.4.5 Cubo de roda	32
2.4.6 Terminal rotular esférico.....	32
2.4.7 Mola	33
2.4.8 Amortecedor.....	34
2.4.9 Roda.....	37
2.4.10 Bitola	37
2.4.11 Câamber	38
2.4.12 Cáster.....	39
2.5 SISTEMA DE DIREÇÃO.....	40
2.5.1 Volante	40
2.5.2 Coluna de direção	41
2.5.3 Caixa de direção	41
2.5.4 Barra de direção.....	42
2.5.5 Terminal da direção.....	43
2.6 SISTEMA ELÉTRICO	43
2.6.1 Bateria.....	44
2.6.2 Identificação dos componentes.....	45
2.7 PINTURA	46
2.8 ACESSÓRIOS	47
2.8.1 Extintor de incêndio.....	47
2.8.2 Retrovisores	48
2.8.3 Banco automotivo.....	48
2.8.4 Cinto de segurança	49
2.8.5 Indumentária	52
3 METODOLOGIA	57
4 DIMENSIONAMENTO	59

4.1 ANÁLISE ESTRUTUAL	59
4.1.1 Análise estática	60
4.1.2 Análise dinâmica	62
4.2 CUSTO	67
4.2.1 Custos do veículo.....	68
4.2.2 Custos dos equipamentos individuais	70
4.2.3 Custo total do projeto	70
5 CONCLUSÃO	70
Bibliografia.....	71

1 INTRODUÇÃO

Este projeto tem como objetivo principal a estimulação do aprendizado do tipo de conteúdo desenvolvido no projeto, desenvolvido de maneira totalmente digital em virtude da pandemia do novo corona vírus. Motivado pela curiosidade de aplicar diversos pontos da Engenharia Mecânica explorados em sala de aula com o auxílio dos mestres. Este trabalho irá explorar a parte estrutural da montagem de uma gaiola de um Kart-Cross, tal como também será especificado diversos componentes que possibilitem que este veículo recreativo possa ser realizado e utilizado.

Neste projeto foram utilizados programas digitais, que visaram manter a integridade dos próprios integrantes e seguir os protocolos de segurança necessários. Dentre estes softwares, o grupo utilizou do Microsoft Teams para realizar as regulares reuniões e decidir o andamento deste projeto. Devido também a situação delicada, o projeto também foi motivado para explorar alguns softwares técnicos, foram utilizados o AutoCAD e o SOLIDWORKS para que fossem realizados os ensaios de esforço mecânico e finalizar os esboços necessários para demonstrar de forma clara os passos seguidos no projeto.

O projeto tende a abordar grande parte da elaboração de um projeto completo de um Kart-Cross, como a seleção dos componentes que compõe o Powertrain destes veículos, sistema de freios, sistema elétrico e eletrônico essenciais e o sistema de suspensão.

O Kart-Cross foi escolhido para este projeto por ser um veículo de custo relativamente baixo, não depende de estruturas mecânicas excessivamente sofisticadas, por isso é considerado simples. Estes veículos são chamados de Kart, pelo mesmo motivo que os próprios Karts dos autódromos, são menores e mais simples que os veículos convencionais, o Kart-Cross também é um pequeno carro quando levamos em consideração os grandes veículos utilizados para transição em estradas de terra.

Este tipo de veículo, é muito popular na Suécia, onde o esporte surgiu na década de 80, foi inspirada a utilização deste tipo de veículo pelo motivo que na época muitas pessoas tinham extrema dificuldade de encontrar estradas asfaltadas para realizar suas recreações relacionadas a utilização de veículos,

não só por este motivo, mas também vem grande dificuldade financeira no mantimento de um Kart convencional. O Brasil, que durante muitos anos teve pouca atenção direcionada para a área do Kart-Cross, hoje já registra crescimento acentuado da área no país, com diversos campeonatos que utilizam dos veículos de estrada de terra, conhecidos como Off-Road.

2 ESPECIFICAÇÃO

2.1 ESTRUTURA DO CHASSI

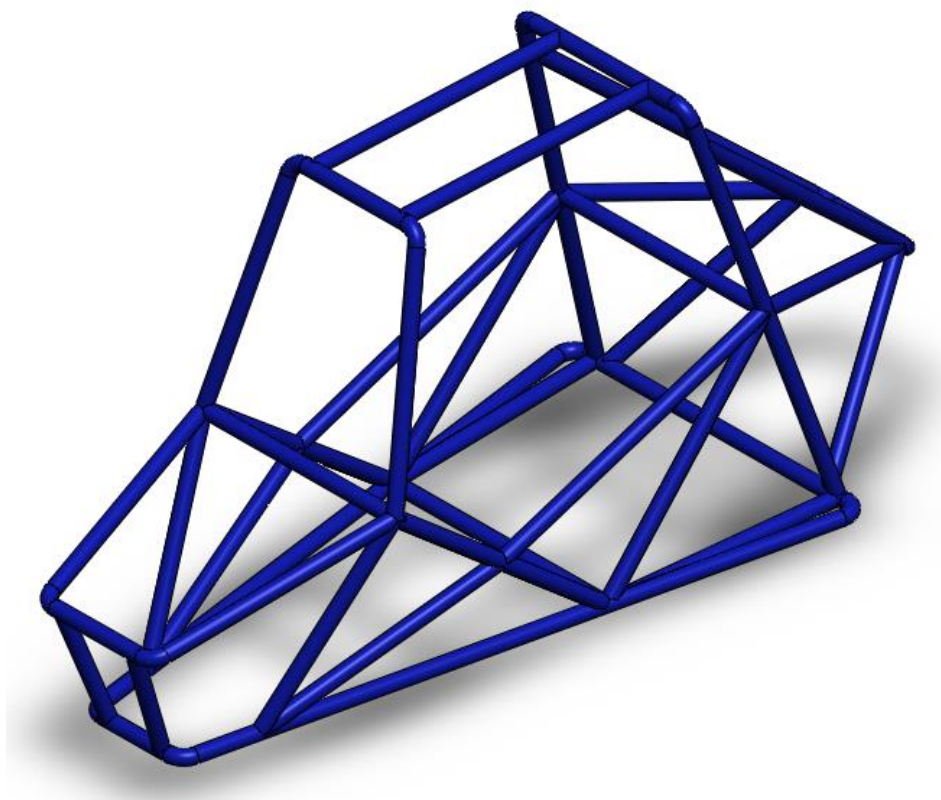
O chassi é responsável por manter um veículo estabilizado, e por isso, se torna um dos componentes mais importantes de um automóvel.

Todos os veículos possuem um chassi, que não é nada mais que uma estrutura capaz de suportar outras estruturas. Ele deve suportar todas as forças que um veículo sofre durante a sua vida. Em veículos mais novos, essa estrutura é toda desenhada e testada por meio de softwares no computador, garantindo segurança e precisão.

Existem diferentes tipos de estruturas, dentre as mais conhecidas, se destacam o Backbone, Monocoque, Ladder frame e o Space frame.

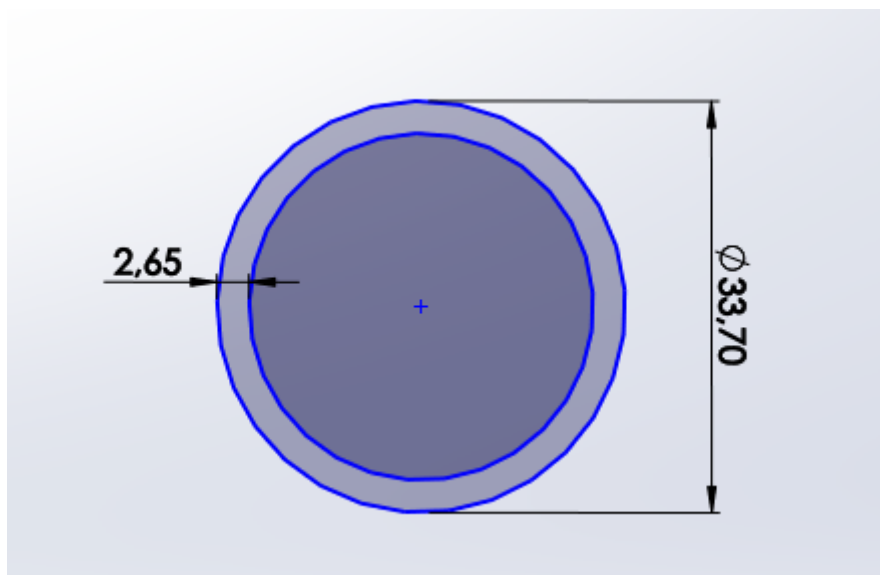
Para o nosso veículo, utilizaremos o tipo Space frame, que é atualmente o tipo mais utilizado em veículos de competição, sendo presente tanto em carros como também em motocicletas. Esse tipo, possui uma alta rigidez tridimensional, além de apresentar uma relação de rigidez/peso melhor que os outros, são constituídos por membros tubulares posicionados para obter suporte de diferentes tipos de forças.

Figura 1 - Chassi desenvolvido em SOLIDWORKS



Fonte: Autoria do grupo

Figura 2 - Seção transversal do tubo com costura NBR 5580 que será aplicado



Fonte: Autoria do grupo

Figura 3 - Características do tubo NBR 5580

NBR 5580/2007 - Tubos para Condução de Fluidos c/ rosca BSP								
Diâmetro Nominal (DN)	Diâmetro Nominal (pol)	Diâmetro Externo (mm)	Espessura (mm)			Massa Teórica do Tubo com Revestimento de Zinco (kg/pç)		
			Classe Leve	Classe Média	Classe Pesada	Classe Leve	Classe Média	Classe Pesada
15*	1/2"	21,30	2,25	-	-	6,647	-	-
20	3/4"	26,90	2,25	2,65	3,00	8,592	9,846	10,980
25	1"	33,70	2,65	3,35	3,75	12,648	15,518	17,072
32	1.1/4"	42,40	2,65	3,35	3,75	16,199	19,969	22,003
40	1.1/2"	48,30	3,00	3,35	3,75	20,783	22,938	25,392
50	2"	60,30	3,00	3,75	4,50	26,304	32,233	37,981
65	2.1/2"	76,10	3,35	3,75	4,50	37,157	41,231	48,780
80	3"	88,90	3,35	4,00	4,50	43,710	51,560	57,493
90	3.1/2"	101,60	3,75	4,25	5,00	55,776	62,668	72,917
100	4"	114,30	3,75	4,50	5,60	62,987	74,736	91,699

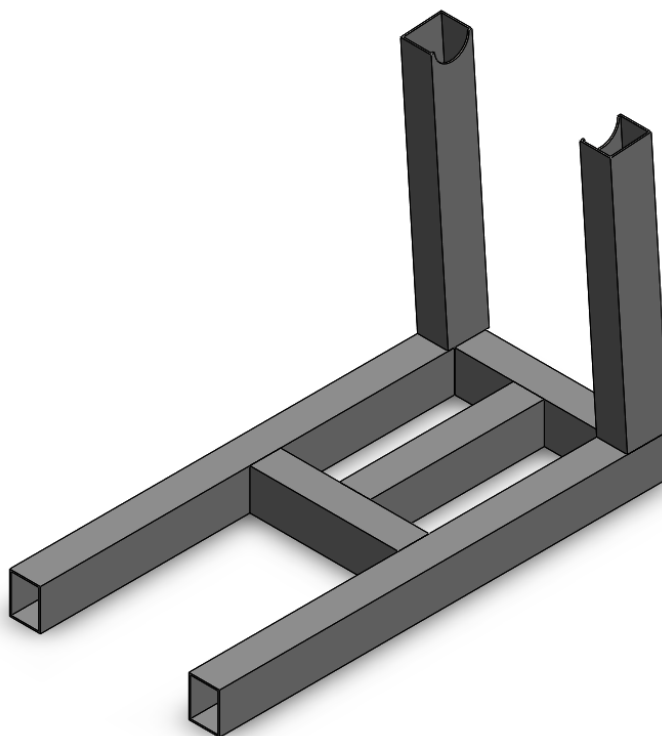
Fornecidos com 6000mm de comprimento - Revestimento de Zinco 400g/m² min.

Realizando a somatória de todas as parcelas da gaiola que serão preenchidas pelos tubos se obtém 22690,06 mm, cerca de 22,69 metros. Os comerciantes do tubo NBR 5580, costumam realizar o varejo destes componentes a cada 6 metros, sendo assim, em caso de compra do material novo para aplicação no projeto, seria necessário comprar 24 metros de tubo.

2.1.1 Sub-Chassi

Esse componente, também conhecido como agregado, possui características similares ao chassi, porém eles não estão ligados diretamente, sua conexão vem por meio de parafusos. Seu objetivo é ancorar o motor assim, facilitando sua retirada, e dando um maior acesso a outros sistemas como, os freios e a suspensão traseira e até o Powertrain. Estas barras estão posicionadas na parte inferior traseira do Kart-Cross, onde assim pode-se posicionar o motor com segurança.

Figura 4 - Sub chassi desenvolvido em SOLIDWORKS




Fonte: Autoria do grupo

2.1.1.1 Barra utilizada no sub chassi

A barra utilizada no sub-chassi foi retirada de um catálogo técnico.

Figura 5 - Catálogo de tubos com seção retangular

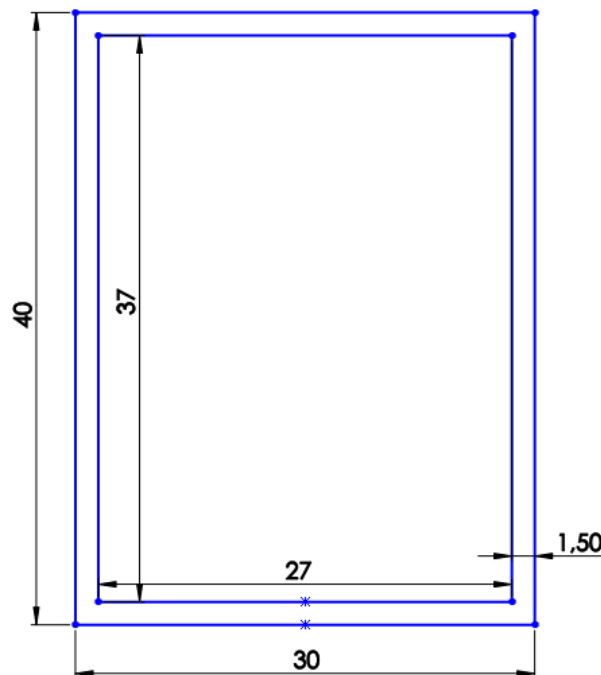


Dimensões Nominais a x b	Esp. Méd. Parede e=mm	Peso Teórico		Área S (cm ²)	Momento de Inércia		Raio de Giração		Módulo Resistente	
		kg/m	kg/6m		J _y (cm ⁴)	J _x (cm ⁴)	i _y (cm)	i _x (cm)	W _y (cm ³)	W _x (cm ³)
40 x 30	0,90	0,9637	5,7822	1,2276	1,8611	2,9004	1,2312	1,5370	1,2407	1,4502
	1,06	1,1297	6,7782	1,4391	2,1592	3,3718	1,2249	1,5307	1,4395	1,6859
	1,20	1,2736	7,6416	1,6224	2,4123	3,7738	1,2194	1,5251	1,6082	1,8869
	1,50	1,5779	9,4674	2,0100	2,9311	4,6031	1,2976	1,5133	1,9540	2,3015

Fonte: Catálogo GRAVIA

Foi selecionado o tubo de 1,5 mm de espessura cuja seção possui:

Figura 6 - Vista da seção transversal do tubo de seção quadrada selecionado (mm)



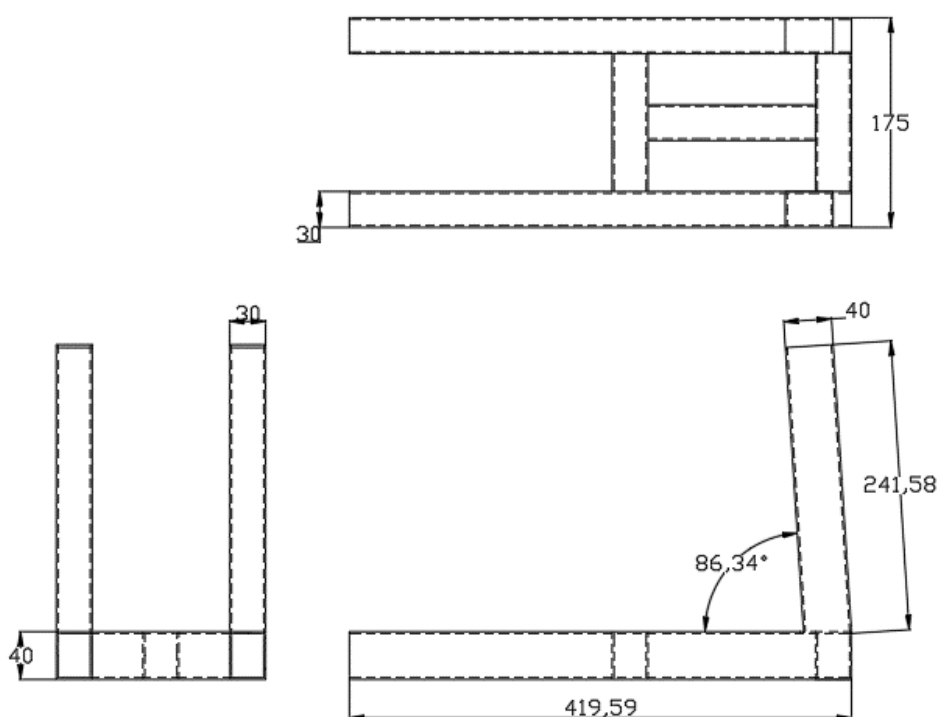
Fonte: Autoria do grupo

Tabela 1 – Tabela representando os dados extraídos para esta barra

Propriedade	Simbologia	Valor
Peso teórico	M_t	1,5779 kg/m
Área da forma	A	2,01 cm ²
Momento de inércia em z	J_z	4,6031 cm ⁴
Momento de inércia em y	J_y	2,9311 cm ⁴
Momento de inércia polar	J	7,5341 cm ⁴
Módulo de elasticidade	E	210 MPa

Fonte: Catálogo GRAVIA

Figura 7 - Comprimento necessário das barras de seção quadrada aplicadas

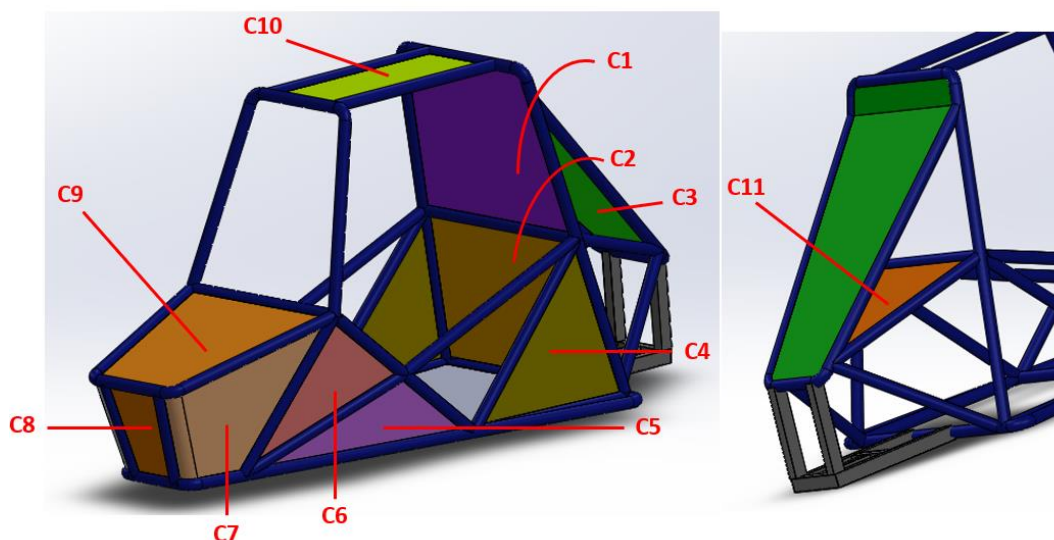


Fonte: Autoria do grupo

2.1.2 Chapas

Por se tratar de um veículo de estrada de chão, se torna necessário a utilização de chapas metálicas, com o objetivo de reduzir ao máximo a passagem de poeira para dentro do veículo. Elas serão instaladas na parte inferior da estrutura, para reter a maior quantidade de impurezas, e serão colocadas entre o tanque de combustível e o motor assim como entre o motor que o cockpit. Essa última placa é a corta-fogo, que possui a função de bloquear a transferência de calor entre o motor e o banco e impedindo incêndios.

Figura 8 - Representação das chapas elaboradas em SOLIDWORKS

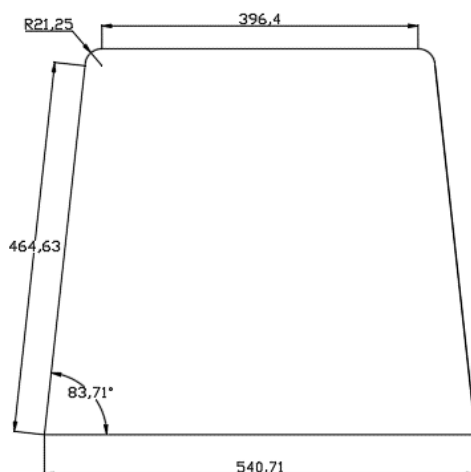


Fonte: Aatoria do grupo

Algumas das chapas utilizadas serão unidas por meio de rebites, para que durante o uso, não se solte com facilidade devido as vibrações. As medidas serão representadas em milímetros e graus.

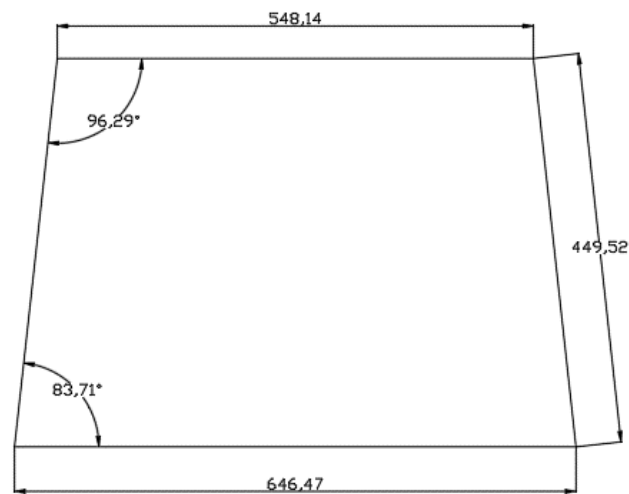
As chapas C1 e C2, serão utilizadas como corta-fogo, a utilização destas chapas é essencial para impedir o elevado calor produzido pelo motor, as chapas são de aço galvanizado com 0,54 mm de espessura. Instaladas com o objetivo de reduzir a transmissão térmica entre o motor e o motorista.

Figura 9 - Representação da chapa C1 e suas cotas (mm)



Fonte: Aatoria do grupo

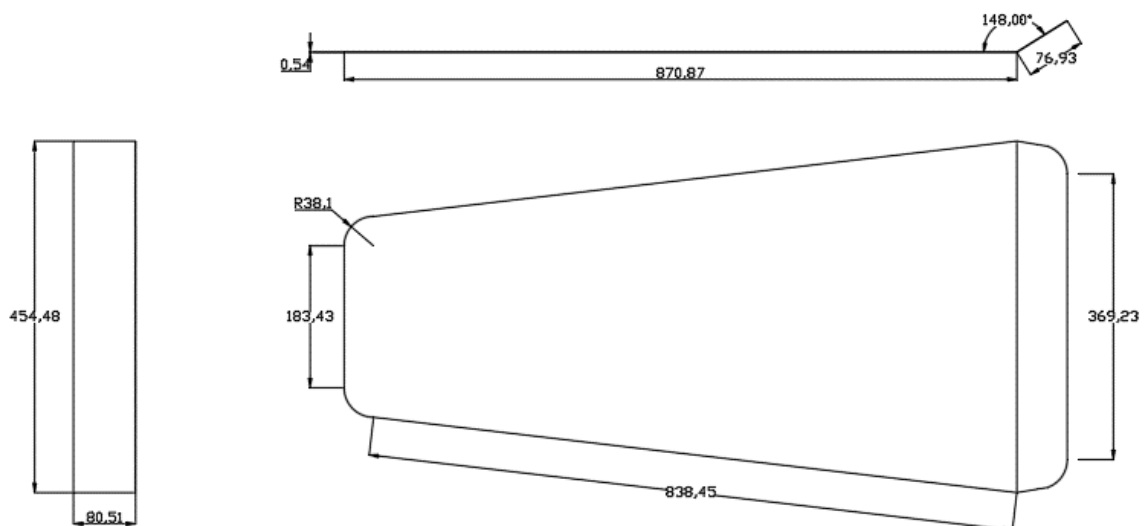
Figura 10 - Representação da chapa C2 e suas cotas (mm)



Fonte: Autoria do grupo

A chapa superior traseira C3, tem como função evitar que o sol e a água causem algum dano ao tanque de combustível, que será apoiado na chapa C11.

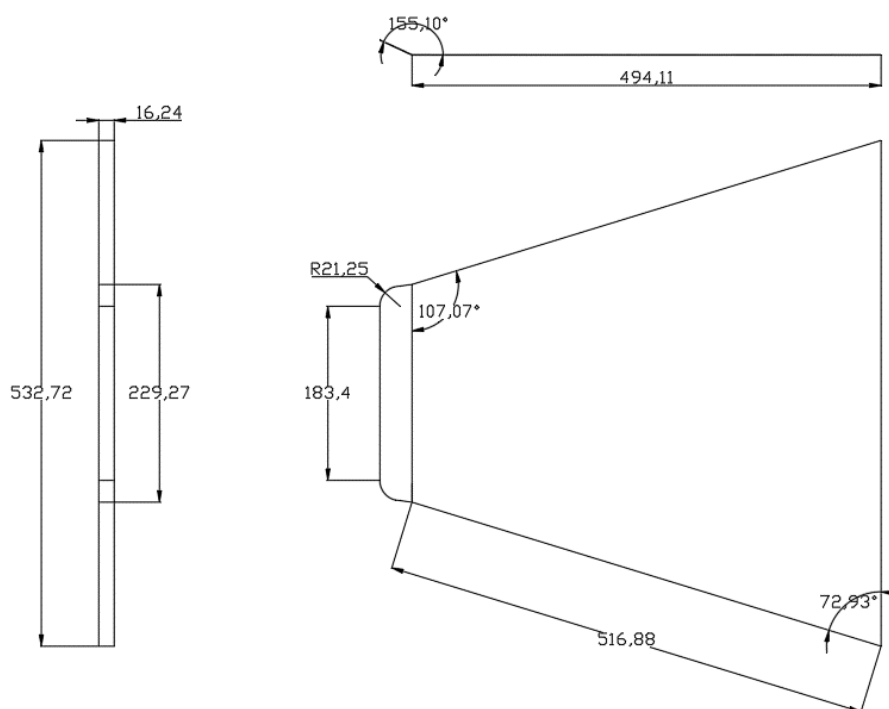
Figura 11 – Representação da chapa C3 e suas cotas (mm)



Fonte: Autoria do grupo

A chapa C11, localizada logo abaixo da chapa C3, será utilizada com o objetivo de realizar o apoio do tanque de combustível, e é responsável por evitar que parcela da temperatura gerada pelo motor chegue ao tanque.

Figura 12 - Representação da chapa C11 e suas cotas (mm)

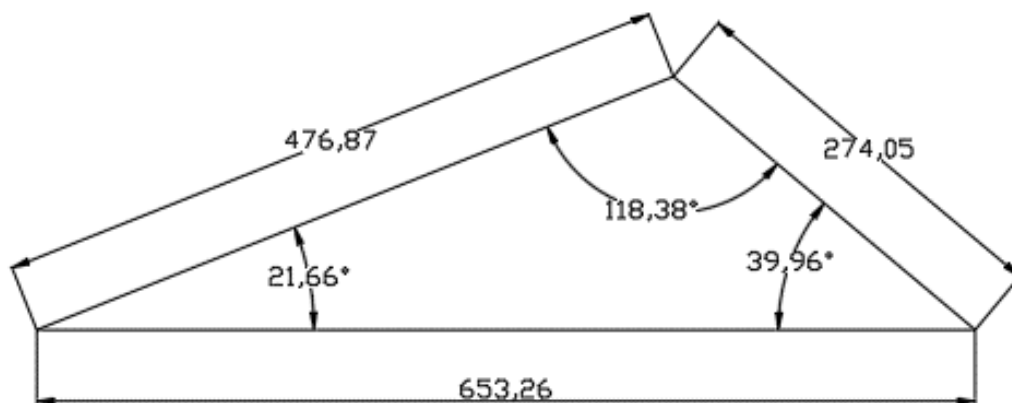


Fonte: Autoria do grupo

As chapas C4, C5 e C6, são chapas posicionadas nas laterais do veículo e são projetadas de maneira equivalentes no lado oposto da gaiola do Kart, posicionadas com o objetivo de reduzir também a projeção elevada de resíduos para o interior do Kart e proteger também o piloto de possíveis detritos que

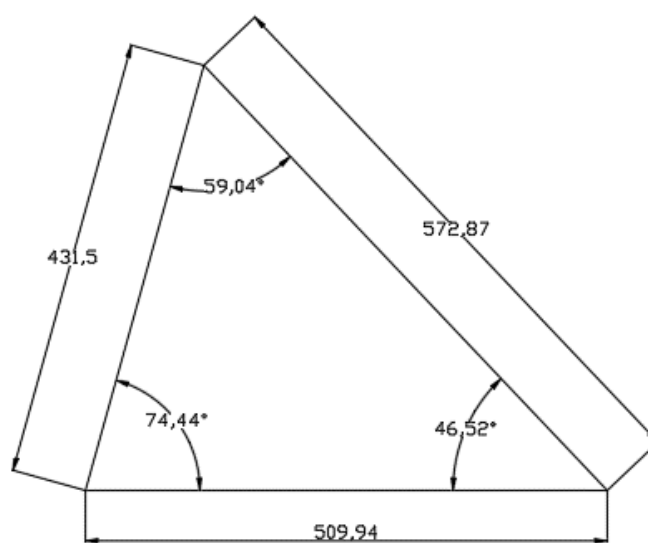
podem ser projetados em sua direção lateralmente, estas chapas possuem 0,54mm de espessura e as seguintes medidas.

Figura 13 - Representação da chapa C4 e suas cotas (mm e graus)



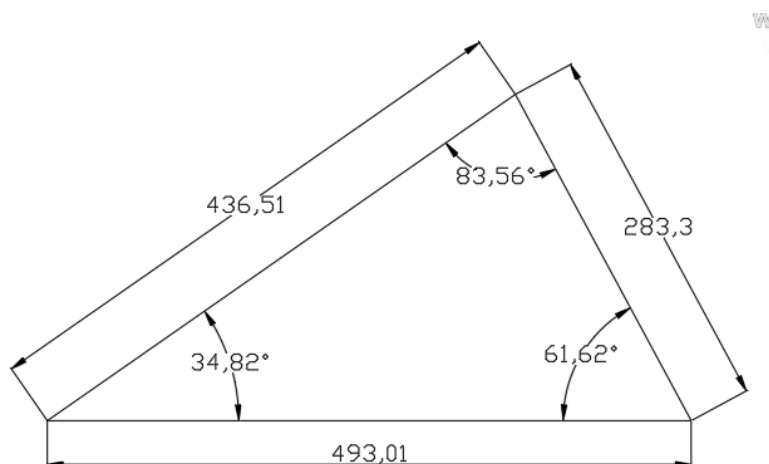
Fonte: Autoria do grupo

Figura 14 - Representação da chapa C5 e suas cotas (mm e graus)



Fonte: Autoria do grupo

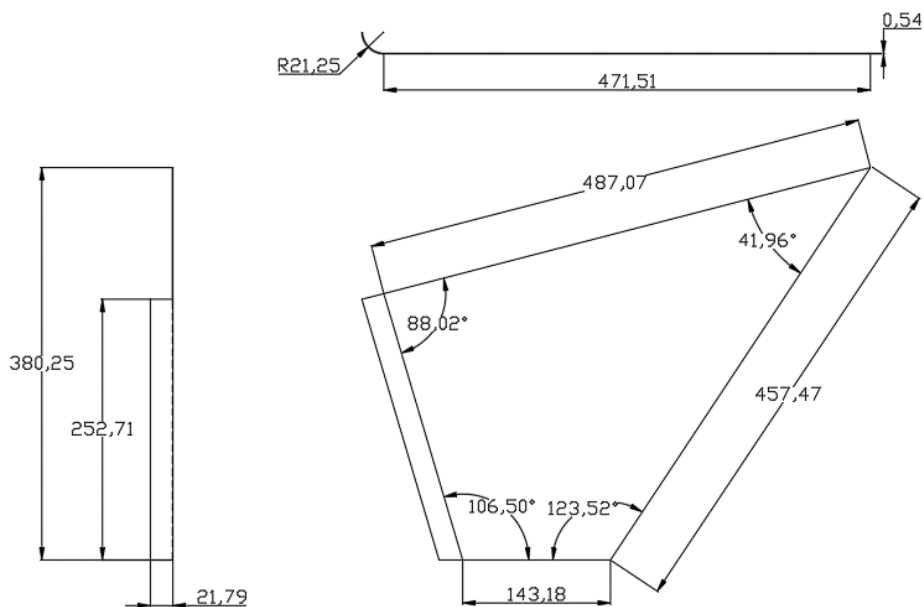
Figura 15 - Representação da chapa C6 e suas cotas (mm e graus)



Fonte: Autoria do grupo

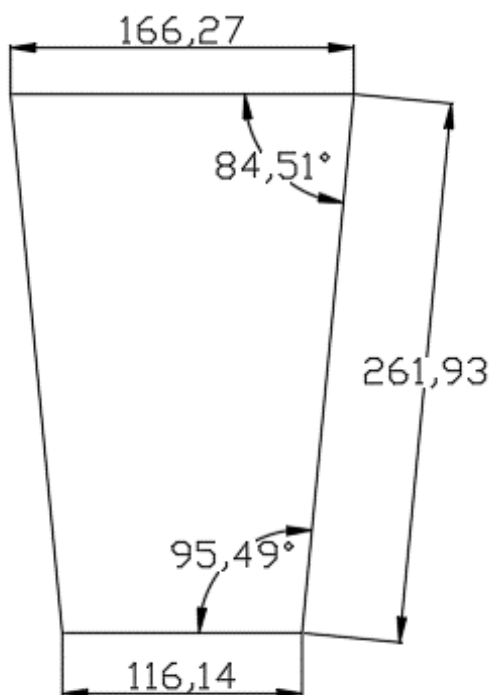
A chapa lateral C7, tem geometria triangular com a ponta curvada, para realizar o fechamento dianteiro com a chapa C8, a chapa C7 é posicionada dos dois lados, sendo o lado oposto com mesma dimensão, porém com o dobramento para o lado oposto, essas chapas têm 0,54 mm de espessura e tem como objetivo ser a primeira e principal fonte de proteção do motorista e componentes do Kart, devido a projeção de materiais e sujeira excessiva.

Figura 16 - Representação da chapa C7 e suas cotas (mm e graus)



Fonte: Autoria do grupo

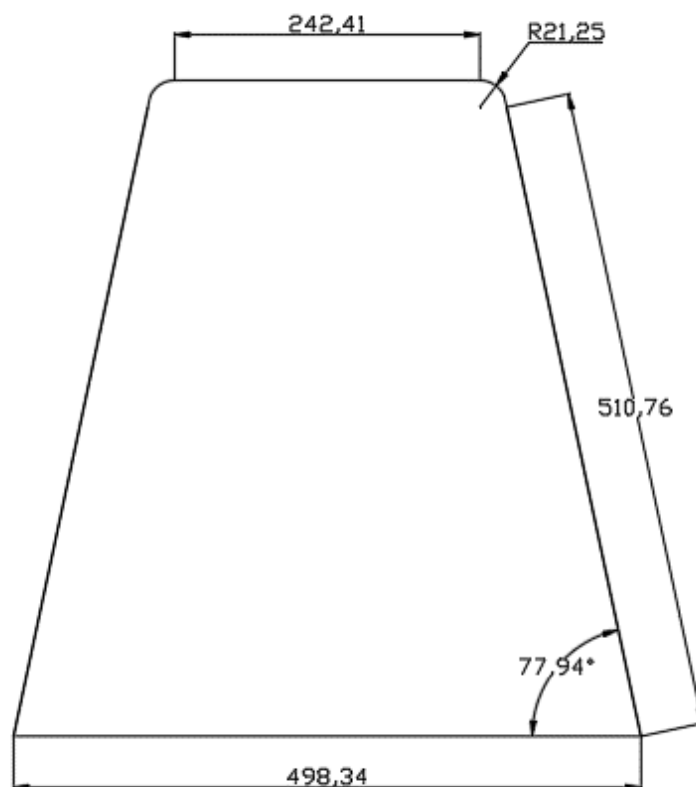
Figura 17 - Representação da chapa C8 e suas cotas (mm e graus)



Fonte: Autoria do grupo

A chapa C9, é representada como o capô do Kart-Cross, utilizada também em conjunto com as chapas anteriores C7 e C8, com 0,54mm de espessura para proteger os componentes frontais de projeções de detritos e proteger do sol alguns componentes que ali são instalados, além de auxiliar na aerodinâmica do Kart.

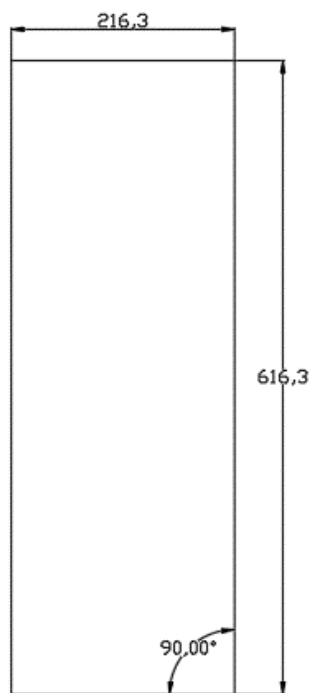
Figura 18 - Representação da chapa C9 e suas cotas (mm e graus)



Fonte: Aatoria do grupo

A chapa C10 possui espessura diferente, assim como o Assoalho do Kart, esta é uma chapa superior que será utilizada para proteger o motorista do sol, localizada entre os dois tubos de apoio superiores, estas chapas terão 1,2mm de espessura.

Figura 19 - Representação da chapa C10 e suas cotas (mm e graus)

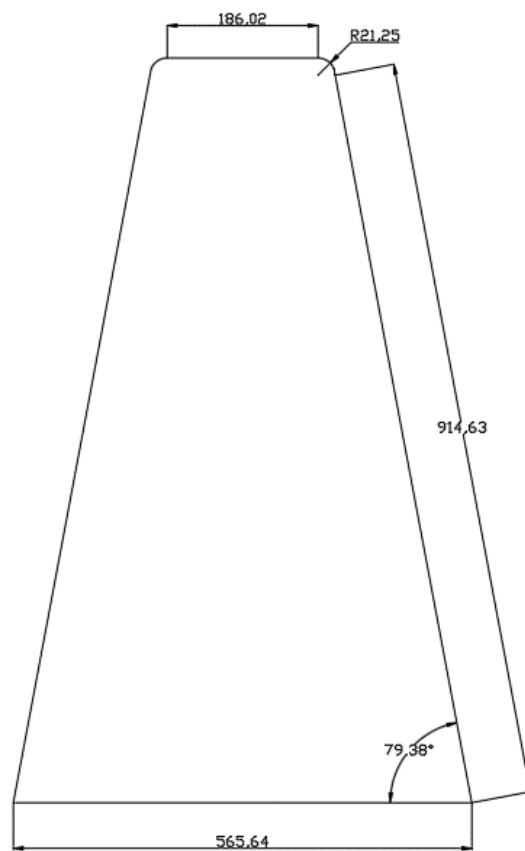


Fonte: Autoria do grupo

2.1.3 Assoalho

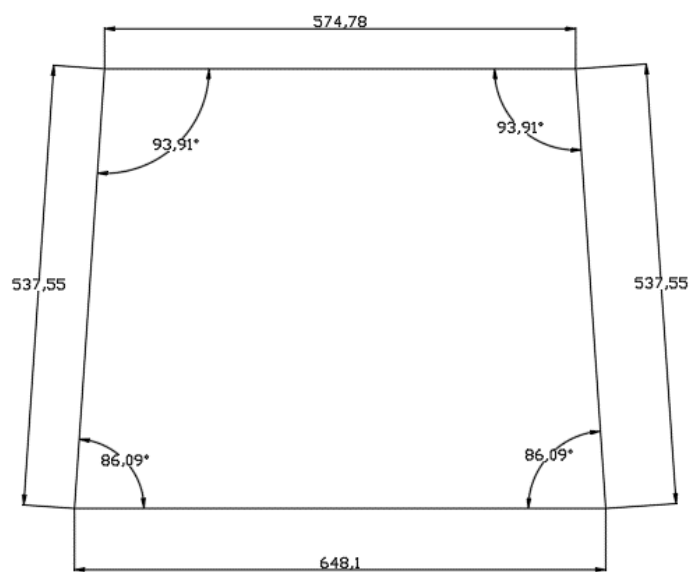
É o componente com superfície antiderrapante que servirá como uma cobertura do piso e agirá para que os pés do piloto se mantenham firmes sem escorregar. O assoalho tem 1,2 mm de espessura e é dividido por um tubo estrutural, sendo assim temos a parte dianteira e traseira do assoalho.

Figura 20 - Representação da parte dianteira do assoalho e suas cotas (mm e graus)



Fonte: Autoria do grupo

Figura 21 - Representação da parte traseira do assoalho e suas cotas (mm e graus)

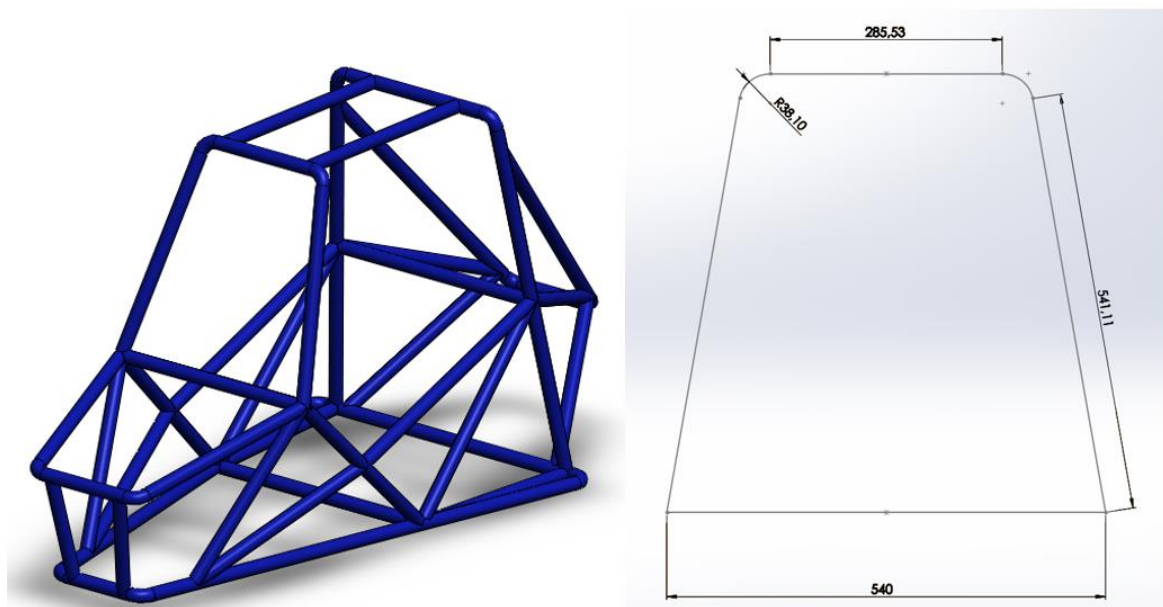


Fonte: Autoria do grupo

2.1.4 Tela

A tela age como um para-brisa, tendo como função impedir que piloto seja atingido por objetos. Porém não impede a passagem de fluídos. A tela deverá ter as dimensões representadas pelo para-brisa, assim como braçadeiras de borracha para realizar a fixação da mesma.

Figura 22 - Dimensões para a tela de proteção de borracha



Fonte: Aatoria do grupo

2.2 POWERTRAIN

Powertrain ou trem de força, é o nome dado ao conjunto que consiste em uma embreagem, caixa de marcha, eixos de transmissão, diferencial, rodas motrizes, que é responsável pelos momentos em que é realizada a partida do Kart-Cross, até a força gerada ser transferida as rodas.

O Kart-Cross funciona com um motor traseiro com tração traseira, um clássico muito presente em veículos antigos, apresenta tração elevada, pois a massa do veículo irá se concentrar na parte traseira, e tem como aspecto vantajoso a possível eliminação do eixo de transmissão diferencial integrado.

Para o motor e a transmissão, foi escolhido um motor de motor de moto, sendo este selecionado devido peso reduzido do Kart-Cross, e buscando

vantagens nos aspectos potência e custo. A transmissão será em corrente, pois torna o sistema compacto, se adaptando bem à área pequena deste tipo de veículo.

2.2.1 Motor

O motor selecionado como adaptador ao Kart-Cross é o motor a gasolina Briggs and Stratton XR 10.0 HP.

Figura 23 - Motor BRIGGS XR 10.0 HP



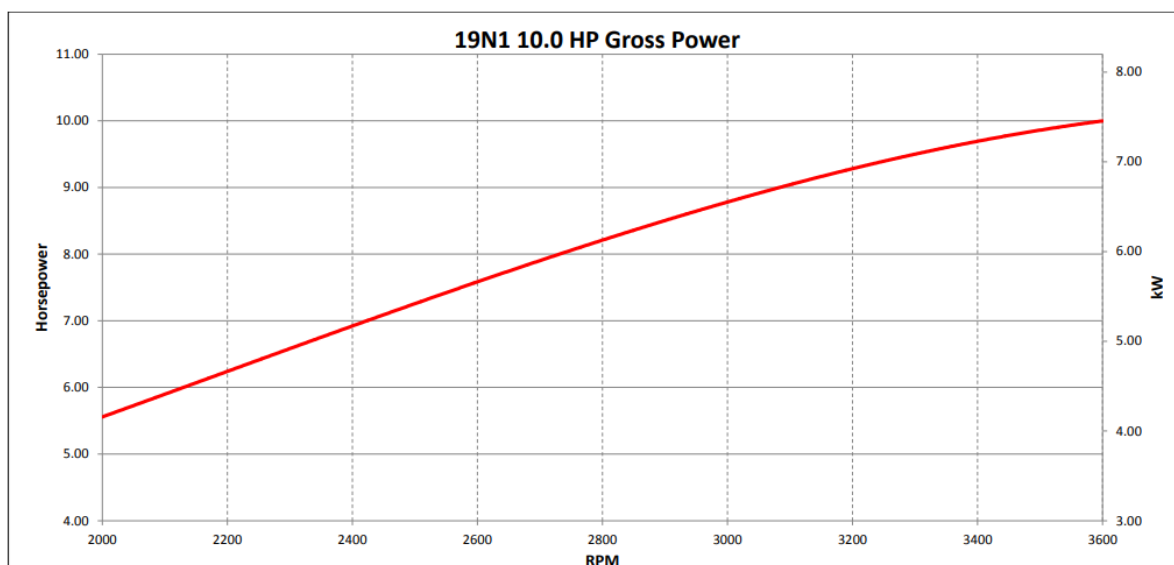
Fonte: BRIGGS AND STRATTON (<https://www.briggsandstratton.com/>)

Tabela 2 - Dados motor BRIGGS selecionado

Código	19N1320024H1
Modelo	Motor XR 10.0HP
Combustível	Gasolina
Potência	10.0 HP
Cilindrada	306 cilindradas
Diâmetro x Curso	82 mm x 58 mm
Capacidade do Tanque	5,3 L
Eixo	Reto-Chaveado
Sensor de Nível de Óleo	Sim
Números de Cilindros	1 - OHV
Velocidade RPM	Variável
Afogador	Manual
Partida	Manual
Dimensões	327 x 309 x 442 (mm)
Peso	28,34 Kg

Fonte: BRIGGS AND STRATTON (<https://www.briggsandstratton.com/>)

Figura 24 - Curva de potência do motor 19N1 BRIGGS



Fonte: BRIGGS AND STRATTON (<https://www.briggsandstratton.com/>)

2.2.2 Transmissão

A adaptação de um motor de moto para o Kart-Cross, necessita de um sistema resistente, porém simples, que será responsável pela transmissão da

rotação do eixo do motor de maneira suficientemente eficiente, visando garantir que o torque seja suficiente para tirar o veículo do repouso.

A transmissão é montada acoplada ao motor, a montagem neste caso para um veículo de quatro rodas é feita da mesma maneira do motor sendo instalado em uma motocicleta, ligando o motor ao eixo traseiro, a opção da seleção de um sistema traseiro de transmissão é impulsionada pela sua alta eficiência característica, fácil instalação e custo reduzido.

2.2.3 Embreagem e troca de marcha

Este tipo de sistema de embreagem funciona muito bem em motores considerados pequenos e de baixa potência, que no caso são aplicados aos Kart-Cross. Este tipo de sistema de embreagem é constituído de molas, a embreagem é acionada de acordo com a rotação por minuto do motor.

Quando se muda a tensão das molas deste tipo de embreagem, se acaba permitindo que ela realize a mudança do intervalo de rotações por minuto do motor.

É geralmente montada no motor de saída, ou no eixo da roda. Este tipo de embreagem se mostra atraente quando aplicados aos Karts, principalmente por não se precisar de um conversor de torque e correia de transmissão.

São constituídos do mecanismo responsável pela embreagem, que têm a mola, rolamento e estrutura e uma camisa, enquanto o rolamento gira, a parte dentada permanece estática, conforme a rotação aumenta, o peso é mantido pelas molas, ou seja, cada vez que o veículo aumentar a velocidade de rotação, maior será a velocidade que ele atinge.

O conjunto de embreagem centrífuga selecionado para o Kart-Cross, será uma embreagem centrífuga de Aço com uma camisa, ou capa de bronze, pois é um sistema de simples montagem e que irá atender as necessidades de movimento do mesmo.

Figura 25 - Capa de bronze embreagem centrífuga



Fonte: AMKART EMBREAGENS (perfil vendedor mercado livre)

Figura 26 - Embreagem centrífuga em aço com 13 dentes



Fonte: AMKART EMBREAGENS (perfil vendedor mercado livre)

2.2.4 Eixo de tração

Como já foi comentado, o eixo traseiro será o sistema selecionado para o Kart-Cross, neste sistema, o motor é posicionado ligeiramente a frente do eixo traseiro, arranjando os componentes desta forma, é perceptível o aumento da capacidade de transferência da força ao solo.

2.2.4.1 Vantagens do sistema traseiro de transmissão

Como vantagem, a tração traseira facilita a realização de manobras esportivas e tem um equilíbrio elevado em relação a outros sistemas. É relevante por causar um desgaste uniforme dos pneus e realizar melhor a divisão de peso, além de poder também ter potência maior relacionada ao peso do veículo.

2.2.4.2 Desvantagens do sistema traseiro de transmissão

Tem como desvantagem a diminuição da facilidade de manter o veículo estável em condições emergenciais, tem distância bem grande do centro de gravidade, o que pode ser preocupante levando em consideração ventos laterais, porém como o Kart-Cross não irá atingir elevadas velocidades este empecilho não o afetará. A refrigeração do motor é limitada pelos obstáculos a frente dele dificultando a passagem do ar, e a suspensão traseira, que acaba ficando sobrecarregada com todo o peso na saída do veículo da posição de repouso.

2.2.5 Junta universal

É uma junção de um acoplamento de um eixo, responsável por realizar a movimentação de certo sentido de giro neste eixo sem modificar a direção, em resumo é um par de dobradiças, que entre elas realizam certa articulação. Esta junta é formada por uma espécie de cruzeta com garfos terminais ou flanges.

Essa cruzeta será responsável pela passagem da força do eixo de tração para um Semi-eixo, visto que a roda também ficará ligeiramente abaixo do eixo de tração.

Estas juntas ou eixo cardã como também são chamadas, apresentam uma grande vantagem de permitir grandes ângulos de trabalho, raio de giro reduzido e capacidade de torque elevada.

Figura 27 - Eixo cardã



Fonte: CARDANSINEC (<http://www.cardansinec.com.br/>)

2.2.6 Mancais

São componentes responsáveis por suportarem movimentos giratórios, trabalhando como apoio para estes, no Kart-Cross serão utilizados três tipos de mancais, o de rolamento, munhão e magnético.

Mancal de munhão, é constituído de um material menos resistente entre o eixo e o mancal, assim acentuando o desgaste na peça e não no mancal. Este mancal foi utilizado para fixar os braços da suspensão e da manga traseira. Entre o mancal e o eixo, temos a presença de um rolamento, visto que um rolamento estará presente neste conjunto, é justo utilizar um mancal de rolamento que ficará fixado à estrutura do sub chassi. O mancal hidrodinâmico é um elemento que trabalha com a função de minimizar o atrito, existem pequenos canais em um munhão que permitem a lubrificação, é feito de dois elementos um se acopla ao eixo e outro no mancal, tendo o objetivo de criar uma espécie de campo magnético de mesma polaridade, consequentemente causando um repelimento. Estes mancais devem ser posicionados com alta cautela, para estarem bem alinhados e não acabarem ocasionando desgastes excessivos ao sistema como um todo.

Figura 28 - Exemplo mancal para rolamento



Fonte: ABECOM (<https://www.abecom.com.br/>)

2.2.7 Semi-eixo e homocinética

Estes componentes, que trabalham juntos tem como objetivo realizar a transmissão de forma constante do torque as rodas do Kart. Neste projeto, foram necessárias a utilização de dois semieixos. Cada um desses eixos se realiza a conexão por uma junta homocinética.

Esta junta homocinética tem função bem semelhante a junta universal, porém esta é construída por uma cúpula e com esferas em rolamento.

Figura 29 - Exemplo de junta homocinética



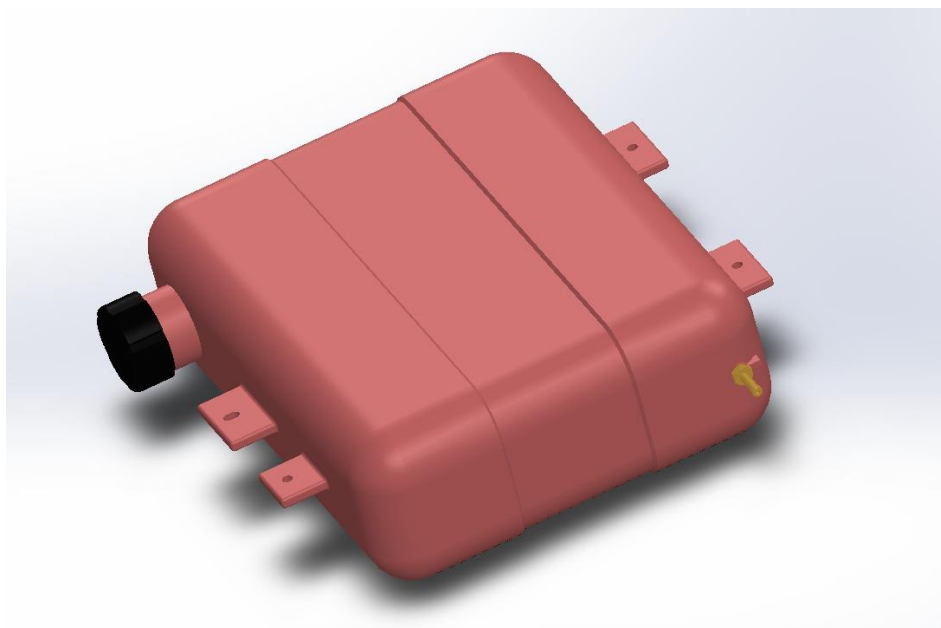
Fonte: BLOG NAKATA (<https://blog.nakata.com.br>)

2.2.8 Tanque de combustível

O tanque responsável pela alimentação de combustível ao motor, deverá ser posicionado de forma estratégica acima do motor com uma certa divisória, a fim de que o próprio não entre em contato direto com o motor e possa vir a trazer riscos para a integridade do usuário do Kart e sua própria integridade mecânica.

O tanque selecionado deverá ser algo relativamente pequeno que consiga se adaptar a estrutura do Kart, a chapa traseira presa a gaiola funcionará como corta-fogo e reduzir o calor emitido ao condutor e servir como medida de segurança em alguma condição adversa.

Figura 30 - Tanque de combustível



Fonte: Autoria do grupo

2.3 SISTEMA DE FREIO

Ao decorrer dos anos, o sistema de freio foi sendo desenvolvido de diversas maneiras buscando melhor eficiência. Hoje, dois tipos de frenagem são utilizados pelos automóveis, entre estes tipos de sistemas de frenagem mais comuns temos o freio a disco e a tambor.

Ao passar do tempo os sistemas de frenagem se desenvolvem e sempre tem uma melhoria de eficiência, essa eficiência é dada pelo fato dos freios terem a capacidade de parar um certo veículo na velocidade mais rápida possível.

Um bom freio deve ser confiável, pois é recurso de segurança essencial para um veículo, por este motivo, fatores condicionais não podem afetar a eficiência deles, como a temperatura, sujeira excessiva, água excessiva e sua performance não pode deteriorar com o desgaste. Periodicamente, sistemas de freios devem ser verificados e regulados, pois não é toda pessoa que terá a atenção de verificar se seu carro está freando de maneira adequada até que seja necessário.

Como elemento essencial de segurança, o freio é constituído de diversas normas técnicas que também regulam seu projeto, ensaios, qualificação e

regulamento desse sistema, com a legislação definindo requisitos mínimos dos itens que compõe este conjunto de frenagem devem atender.

Os sistemas de freio mais conhecidos são os acionados a um sistema hidráulico, que é utilizado em veículos considerados mais leves e os freios dos sistemas pneumáticos, que é utilizado por veículos mais pesados como os caminhões, por este motivo, o grupo escolheu para o projeto do Kart-Cross o sistema de frenagem hidráulico, por ser um automóvel bem leve considerado a outros tipos de veículo.

2.3.1 Pedal de freio

O pedal de freio é responsável pelo acionamento feito pelo condutor da frenagem do veículo, é acionado com o auxílio de um dos pés, neste pedal, uma haste liga até um cilindro, que é chamado de cilindro mestre, a força que o pedal aplica ao cilindro sofre um efeito alavanca, então a força que chega ao cilindro é bem superior a aplicada pelo condutor.

Figura 31 - Pedal de alumínio que pode ser aplicado para frenagem



Fonte:

2.3.2 Cilindro mestre

Este cilindro possui um fluido chamado fluido de freio, ele é responsável por injetar o sistema com este fluido, este é comprimido no cilindro, o que gera pressão hidráulica. Com a pressão necessária, os pistões da pastilha de freio são empurrados contra os discos de freio, reduzindo a velocidade do veículo.

É através deste cilindro mestre que o processo de frenagem é iniciado, temos os cilindros mestres simples, onde uma única câmara de pressão realiza a alimentação de todo o sistema e o duplo, que possui duas câmaras independentes que alimentam os freios traseiros e dianteiros, tendo como vantagem a utilização de uma linha alternativa quando uma dessas apresenta problema de funcionamento.

Figura 32 - Cilindro mestre simples de kombi



Fonte: IGUACUAUTOPECAS (Perfil vendedor mercado livre)

2.3.3 Pinça de freio

Esse componente abriga as pastilhas de frenagem e os pistões deste sistema. Essas pastilhas podem ser divididas em dois tipos, flutuantes e fixas. As fixas como o próprio nome sugere ficam estáticas e não se movem, contudo estas são menos tolerantes quando estamos levando em consideração as imperfeições que possam aparecer no disco. Este sistema é considerado de

custo elevado por utilizar um par de pistões atuando em ambos os lados do disco de maneira centrada.

A pinça flutuante, que foi a selecionada para utilização no Kart-Cross, se move em relação ao disco, seguindo uma linha paralela e a força é produzida pelos pistões em um só lado, a outra pastilha fica parada e só é aplicada por reação, esta pinça foi selecionada pelo custo reduzido e conseguir atender de maneira satisfatória as condições que um veículo como esse necessita.

Figura 33 - Pinça de freio flutuante



Fonte: UDIKART (<https://www.udikart.com.br/>)

2.3.4 Discos de freio

Quando as pinças entram em contato com o disco de freio para realizar a frenagem do veículo, a fricção em altas rotações ocasiona uma elevação rápida da temperatura neste disco, e sua geometria é pensada desta forma para dissipar este calor gerado. Por ter uma aplicação diretamente relacionada com a temperatura, a seleção de materiais resistentes a altas temperaturas e de elevada dureza são selecionados, como o ferro fundido ou compostos cerâmicos, sendo conectados à roda ou ao eixo.

No Kart-Cross o sistema traseiro é fixado diretamente ao eixo de transmissão, enquanto o dianteiro é fixado as rodas de maneira convencional, caso o disco de freio tenha uma área externa mais aberta, ele se torna mais eficiente por realizar a dissipação de calor com o auxílio do ar externo.

Figura 34 - Discos de freio



Fonte: MEGA KART (<https://www.megakart.com.br/>)

2.4 SISTEMA DE SUSPENSÃO

2.4.1 Suspensão traseira

A suspensão traseira será composta por um braço superior e um braço inferior de suspensão, porcas, rolamento, manga de eixo, conjunto mola-amortecedor, eixos com pontas rosqueadas, cubo de roda e Semieixo.

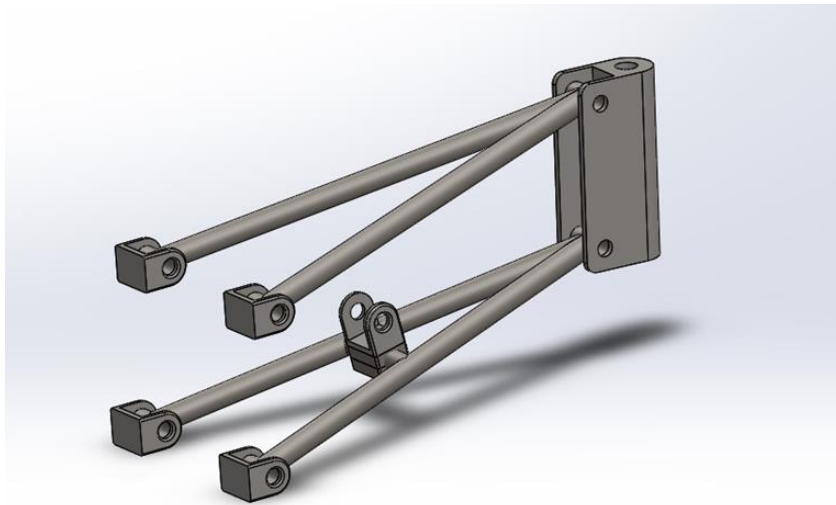
2.4.2 Suspensão dianteira

Já suspensão é composta por um braço inferior de suspensão, manga de eixo, cubos de roda, rolamentos, pivô de suspensão, ponta de eixo e o sistema de freio.

2.4.3 Braços de suspensão

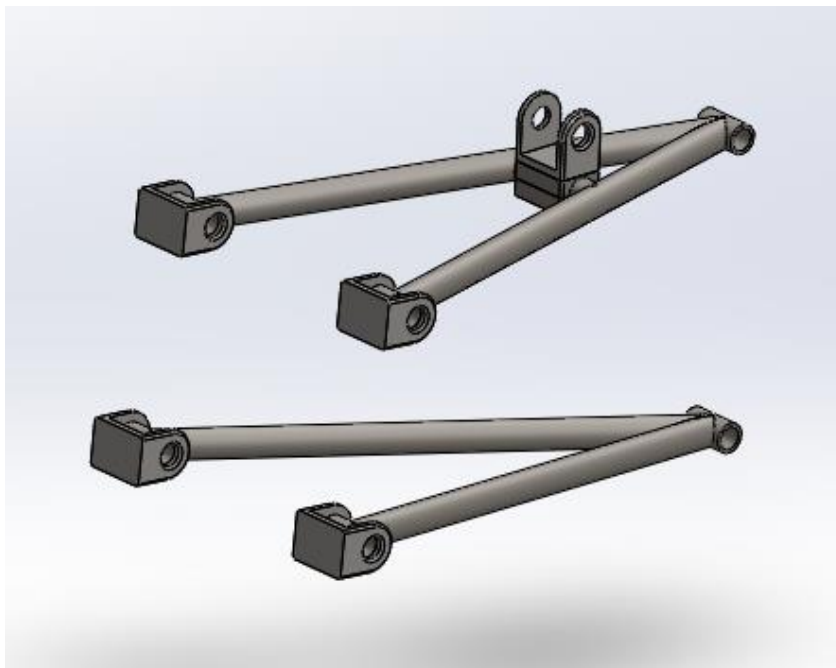
Estes componentes são responsáveis por ligar a estrutura a manga representada do eixo. Na parte lateral da gaiola os braços são conectados e bem fixados com eixos com roscas dos dois lados, assim realizando a permissão de se realizar a movimentação de rotação em um eixo longitudinal fixado.

Figura 35 - Braço superior e inferior dianteiro



Fonte: Aatoria do grupo

Figura 36 - Braço superior e inferior traseiro



Fonte: Aatoria do grupo

2.4.4 Manga de eixo

Este componente é necessário para conectar alguns outros componentes já mencionados como a barra de direção, o conjunto mola-amortecedor, o braço

oscilante e a barra estabilizadora. Quando se trata da suspensão de automóveis, é um elemento essencial para o funcionamento do conjunto, pois além de funcionar como elemento de fixação, é neste componente que se realiza a montagem do eixo que servirá de suporte e transmissão de movimento para as rodas, que vão por consequência fazer com que o veículo se movimente.

A parte traseira do Kart-Cross irá possuir uma manga simples quando a comparamos com a dianteira, pois ela apenas irá realizar a junção dos rolamentos, capas de rolamento e os braços traseiros.

Relacionada a parte dianteira, os componentes do sistema de freio estarão conectados a este componente, como tem uma quantidade maior de componentes para serem fixados, acaba por tornar a parte dianteira um pouco mais complexa, fixando assim o suporte do braço superior, suporte do braço inferior, base da manga, suporte da pinça de freio.

2.4.5 Cubo de roda

O cubo de roda realiza a fixação da roda, este elemento irá se movimentar junto a roda, sendo que o traseiro possui tração e o dianteiro não, sendo apenas empurrado pela tração traseira do Kart-Cross, com o movimento livre da roda. Para realizar a movimentação destas rodas, é necessária a utilização de rolamentos que ficam na parte interna do cubo de roda e também na ponta do eixo, visto que na parte dianteira o eixo não irá se mover junto com o cubo de roda, e sim apenas os conjuntos de rolamento permitindo o movimento livre.

Quanto a parte traseira, onde ocorre a tração do Kart-Cross, o movimento não deve ser livre como o dianteiro, é neste eixo que será gerado o movimento do veículo, ou seja, o eixo deverá ser ligado ao cubo de roda e devem rotacionar juntos. Os rolamentos neste caso devem ser colocados na parte externa, ligando à manga.

2.4.6 Terminal rotular esférico

Estes componentes são posicionados entre os braços de suspensão, não danificando as mangas e não prejudica a rotação. Este terminal rotular é uma

peça que consiste de um anel interno esférico, que possui um nível alto de precisão. Este anel lembra muito o funcionamento de um rolamento, pois o anel interno esférico desliza em uma superfície bem polida, assegurando o movimento rotativo, com a aplicação de um tipo de folga bem suave.

Este tipo de componente, devido ao seu ajuste preciso, não é recomendado para altas rotações, contudo, este componente tem a capacidade de suportar cargas elevadas. Normalmente pequenas rotações irão ocorrer nele, porém nada muito grave para comprometer o funcionamento de todo o conjunto mecânico. Este aumento nas cargas que provoca as rotações ocorre quando o Kart-Cross ou um veículo realiza uma certa curva, aplicando uma força maior projetada pelo peso do veículo em um dos lados. Estes componentes apresentam uma rosca interna ou externa, sendo também classificadas como do lado direito ou esquerdo, conforme forem especificadas.

Figura 37 - Terminal rotular esférico



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

2.4.7 Mola

Este componente é um dispositivo elástico e flexível armazena energia na forma potencial, são feitas na maioria das vezes de arame de aço temperado ou outros materiais de propriedades equivalentes. Quando posicionada isolada, sem aplicação de forças, a mola permanece no estado inicial de fabricação sem sofrer alterações, e quando é pressionada ou tracionada, a mola irá realizar uma força contrária a variação aplicada tentando voltar para a posição inicial.

As molas mais aplicadas principalmente no setor automotivo são as molas helicoidais, pois além de serem aplicadas a compressão e tração, também em alguns casos é utilizada em conjunto com molas de torção, e molas posicionadas em T, com relação a utilização de molas, fabricantes especializados em trabalhar com este tipo de componente podem fabricar, componentes personalizados para serem utilizados em uma situação específica sob demanda do cliente, sendo denominadas pelos fabricantes como especiais.

As molas utilizadas já vêm em conjunto com o amortecedor, sendo aplicadas as traseiras da Yamaha YBR 125 na dianteira do Kart-Cross, e da Yamaha XTZ 125 na parte traseira, visto que é uma moto Cross que tem as molas já preparadas para um impacto superior, atendendo a estrutura.

Figura 38 – Molas especificadas para utilização no Kart-Cross (YBR 125)



Fonte: LOJADOMOTORISTA (Perfil vendedor mercado livre)

2.4.8 Amortecedor

Quando os veículos começaram a ser produzidos, amortecedores não faziam parte de seu projeto, pois foram pensados anos depois. A falta destes

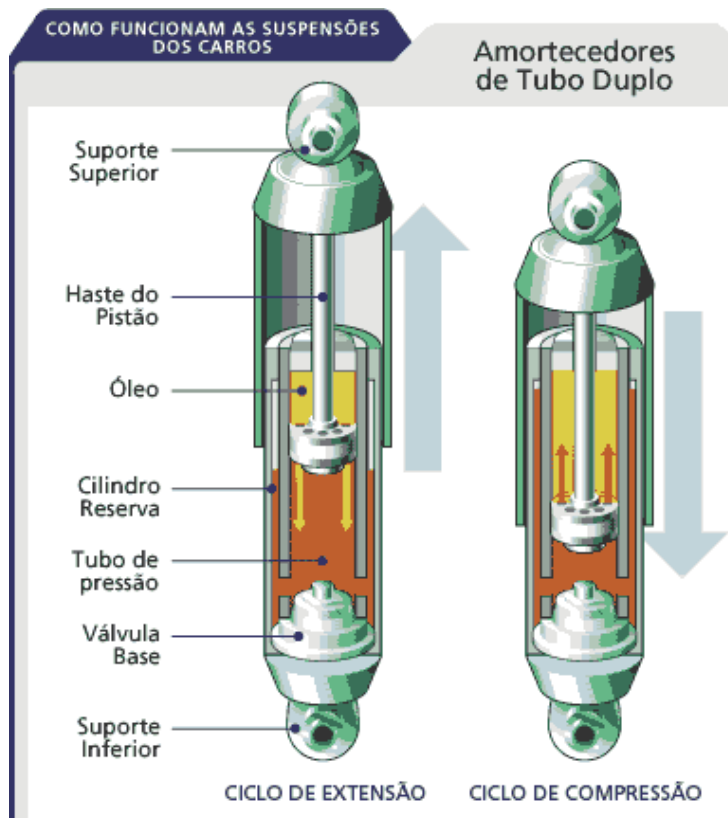
componentes no veículo trazia inúmeras ocasiões indesejadas que ocorriam, pois, as irregularidades do solo não tendo nenhum tipo de controle deixavam o veículo bem instável, podendo provocar com facilidade uma perda de controle e por consequência um acidente. A falta do amortecedor, aumenta as vibrações no sistema, com vibrações em excesso, os pneus furavam com frequência, e todos os componentes do automóvel inclusive a carroceria se rompiam com mais facilidade devido a elevada taxa de vibração que era atribuída a falta destes equipamentos.

Esse equipamento é posicionado entre a gaiola e a roda do Kart-Cross, e como foi citado no parágrafo acima é considerado um dos componentes mais importantes de um veículo. Ele é posicionado próximo a roda para que quando esta realizar movimentos verticais, porventura de um buraco, ou outra irregularidade do terreno, que nas corridas em estrada de chão são mais comuns que o normal, a haste do amortecedor se movimentam no mesmo sentido pelos tubos de pressão e do reservatório. A resistência do óleo realizando a passagem pelas válvulas criam pressão, que controlam a movimentação do veículo.

O amortecedor funciona com transformação de energia, onde a energia cinética é transformada em energia térmica, gerando aumento de temperatura através do calor.

Este componente é uma bomba com óleo em seu interior, o mais aplicado nos veículos atualmente é o denominado telescópio hidráulico, onde um pistão é posicionado na parte final da haste e funciona com base na movimentação do fluido presente em seu tubo de pressão. Como o movimento neste componente é predominantemente vertical, o fluido hidráulico é obrigado a passar por orifícios posicionados no pistão, o quão for o diâmetro destes furos, mais elevada será a carga, resultando em um controle maior e mais preciso na movimentação da suspensão, se os furos forem de grandes dimensões, se tem um controle considerado mais suave do sistema de suspensão.

Figura 39 - Amortecedor a óleo exemplificado



Fonte: OUTPEC (<https://outpec.wordpress.com/>)

O amortecedor será adquirido em conjunto com as molas, assim como foi citado no tópico 2.4.7 referentes as molas.

Figura 40 – Conjunto amortecedor e mola especificado (XTZ 125)



Fonte: CIDAMOTO3 (Perfil vendedor mercado livre)

2.4.9 Roda

A roda que será utilizada será uma de ferro com o diâmetro de 15 polegadas.

Figura 41 - Roda de ferro



Fonte: PEÇAHOJE (<https://www.pecahoje.com.br/>)

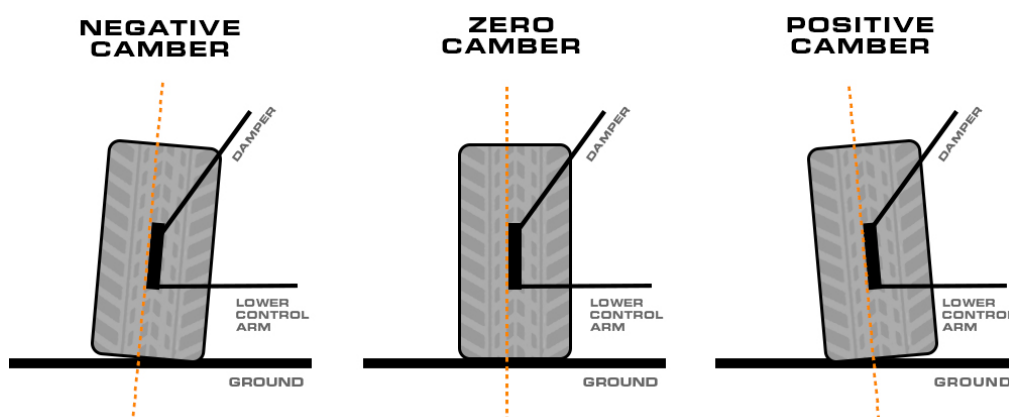
2.4.10 Bitola

Bitola é a distância entre as duas rodas do mesmo eixo.

2.4.11 Câmber

O Câmber se dá pelo ângulo de inclinação da roda em relação com o plano vertical. A cambagem possui uma importante influência nas forças longitudinais, laterais e até no desgaste prematuro dos pneus. No geral, é aconselhável ter o ângulo positivo, onde o desgaste do pneu é maior na parte de fora.

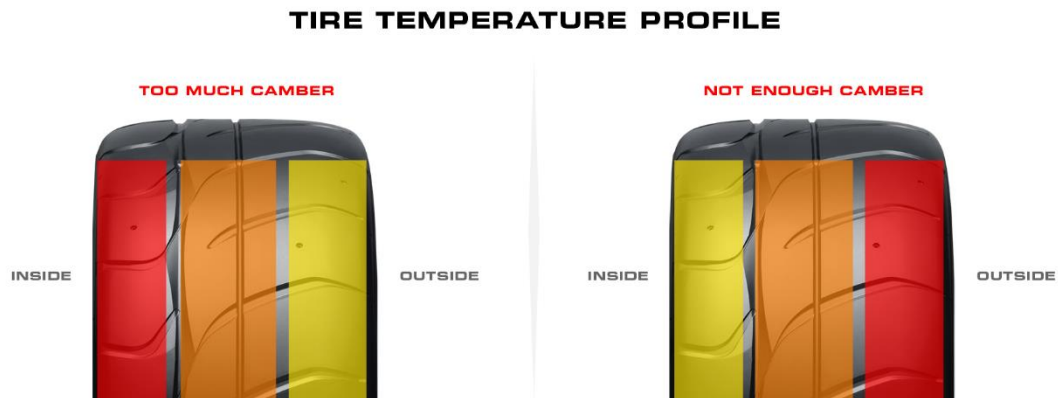
Figura 42 - Ângulos de cambagem



Fonte: APEXRACEPARTS (<https://www.apextraceparts.com/>)

É desejável ter o ângulo do Câmber o mais próximo do zero possível nas retas, com a intenção de manter uma maior área de contato do pneu com o solo, fazendo com que aumente a aderência e que aconteça um desgaste mais uniforme dos pneus, assim como ter o maior desempenho possível nas acelerações e nas frenagens do veículo.

Figura 43 - Relação da temperatura do pneu com seu ângulo de cambagem



Fonte: APEXRACEPARTS (<https://www.apexraceparts.com/>)

2.4.12 Cáster

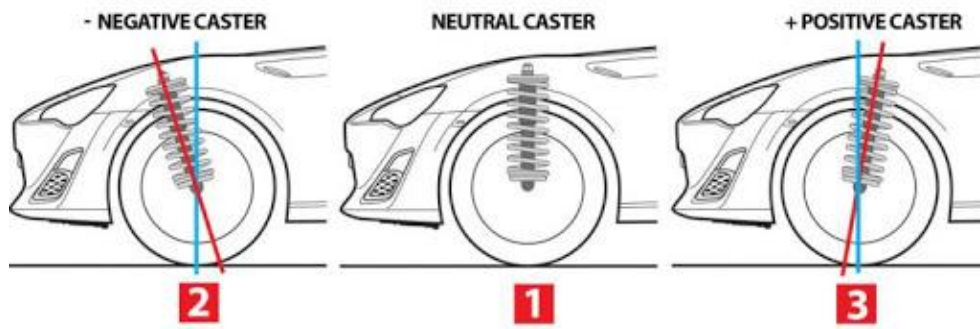
O cáster se dá como o ângulo entre o pino mestre e uma linha perpendicular ao solo, quando observado em vista lateral. Ele possui relação direta com a força que será necessária para virar o volante.

Ele é positivo por definição, quando a parte superior do eixo de giro estiver virado para trás do veículo, e será negativo se estiver virado para frente.

O cáster positivo gera uma maior estabilidade do automóvel e quanto mais positivo for esse ângulo, maior será a força necessária para o piloto virar.

Sua principal função é gerar estabilidade, e acaba sendo responsável por retornar à direção a posição de trajetória após as curvas. Porém, não possui influência nos desgastes do pneu.

Figura 44 - Ângulos do Cáster representados lateralmente



Fonte: APEXRACEPARTS (<https://www.apextraceparts.com/>)

2.5 SISTEMA DE DIREÇÃO

2.5.1 Volante

Volante é o componente que é usado pelo motorista para esterçar as rodas do veículo.

Figura 45 - Volante



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

2.5.2 Coluna de direção

A coluna de direção é o objeto que tem a função de transmitir movimento do volante para a caixa de direção.

Figura 46 - Exemplo de coluna de direção



Fonte: RENAFCAR (perfil mercado livre)

2.5.3 Caixa de direção

Já a caixa de direção, é o conjunto que transforma o movimento rotativo produzido pelo motorista em movimento linear. É usado um sistema pinhão-cremalheira. A barra de direção é conectada ao pinhão, que se liga na cremalheira, uma barra também dentada. Ao virar o volante, o pinhão é girado, que por estar conectado a cremalheira, empurra essa barra tanto para a esquerda quanto para direita, dependendo do movimento realizado pelo volante.

Figura 47 - Exemplo de caixa de direção



Fonte: RENAFCAR (perfil mercado livre)

2.5.4 Barra de direção

A barra de direção se encontra nas pontas da cremalheira e apresenta uma forma articulável para acompanhar a suspensão. Também possui a presença de uma coifa que é responsável por proteger os elementos internos de contaminações.

Figura 48 - Exemplo de barra de direção



Fonte: RENAFCAR (perfil mercado livre)

2.5.5 Terminal da direção

Este objeto é articulado e liga a direção à suspensão. A barra da direção é rosqueada nos terminais e fornece a possibilidade de receber regulagens de alinhamento.

Figura 49 - Terminal de Direção

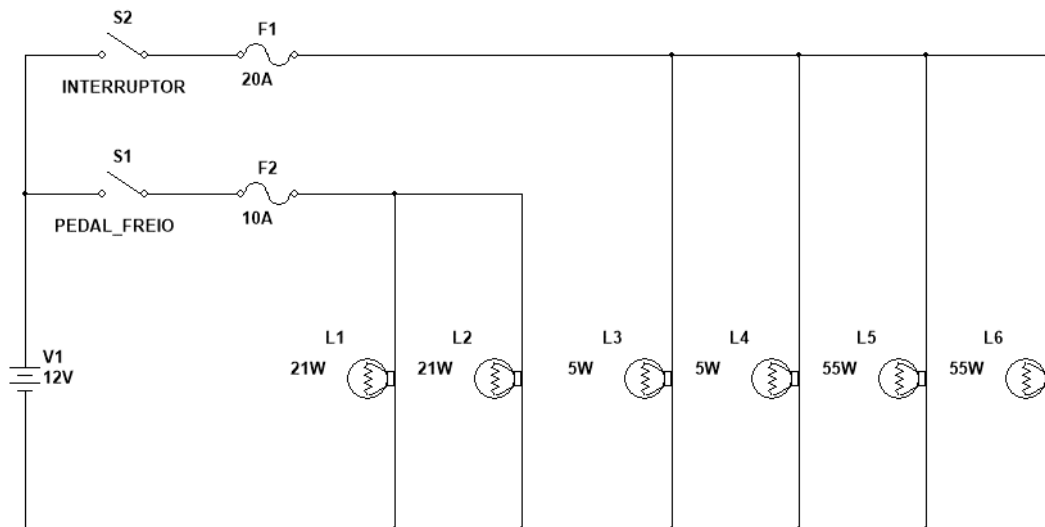


Fonte: FUSAEAUTOPEÇAS (<https://www.fusaeautopecas.com.br/>)

2.6 SISTEMA ELÉTRICO

O Kart-Cross faz o uso de bateria, luzes de freio, das setas e dos faróis, e esses componentes são alimentados pelo sistema elétrico.

Figura 50 - Sistema elétrico



Fonte: Aatoria do grupo

Onde:

F1 e F2 – Fusíveis de proteção, 20A e 10A respectivamente;

L1 e L2 – São as luzes de freio do Kart-Cross (21W);

L3 e L4 – São as luzes de posição traseira do Kart-Cross (5W);

L5 e L6 – São as luzes da lanterna dianteira (farol baixo) do Kart-Cross (55W).

2.6.1 Bateria

Responsável por alimentar o sistema, será utilizada uma bateria de 18Ah, que será suficiente para atender a demanda necessária.

Figura 51 - Bateria



Fonte: UNIPOWER (<https://unipower.com.br/>)

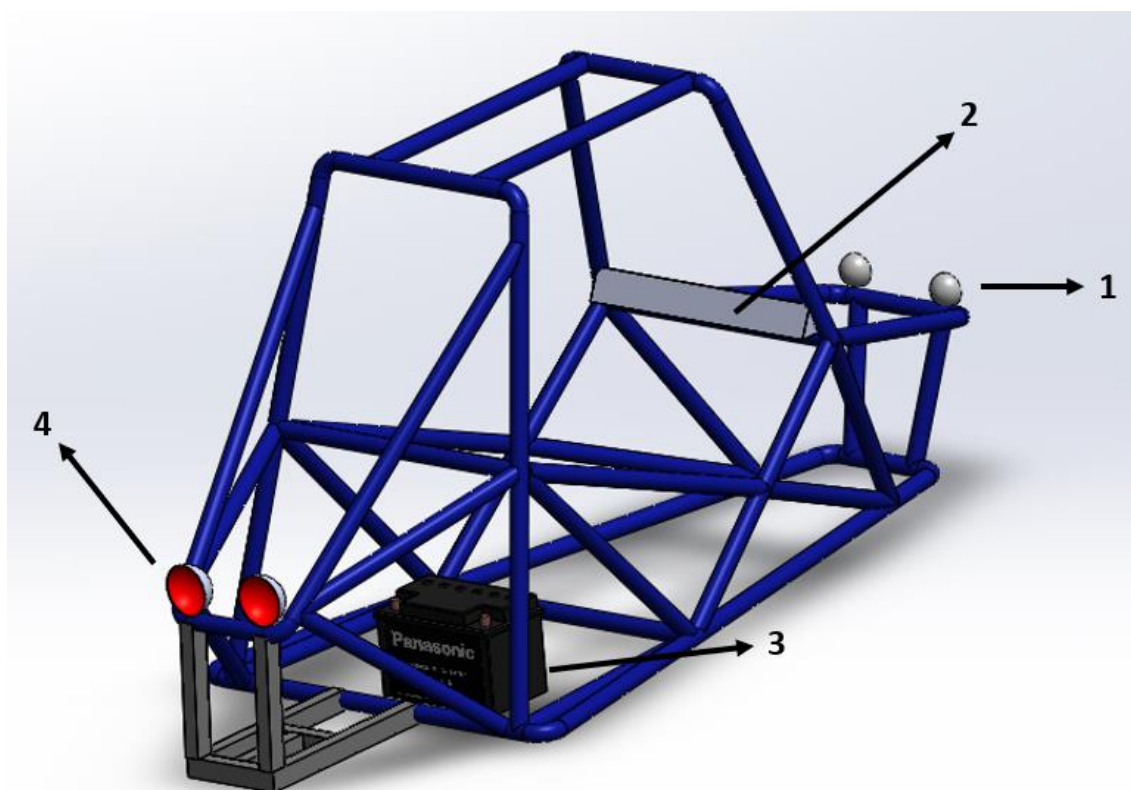
Tabela 3 - Especificações e características da bateria

Especificações		
	Tensão nominal	12 V
	Capacidade nominal	18 Ah
Dimensões	Altura total	167 mm
	Altura total	167 mm
	Comprimento	181 mm
	Largura	77 mm
	Peso aproximado	5,6 kg
Características		
Capacidade 25°C	20 horas - 1,75 vpc - 0,90A	18,0 Ah
	10 horas - 1,75 vpc - 1,66A	16,6 Ah
	5 horas - 1,75 vpc - 3,06A	15,3 Ah
	1 hora - 1,60 vpc - 10,8A	10,8 Ah

Fonte: ATERA INFORMATICA (<https://www.atera.com.br/>)

2.6 2 Identificação dos componentes

Figura 52 - Componentes representados enumerados



Fonte: A autoria do grupo

Conforme a numeração apresentada, se encontram os seguintes componentes:

- 1 – Faróis;
- 2 – Painel;
- 3 – Bateria;
- 4 – Luzes de freio.

2.7 PINTURA

A pintura em estruturas metálicas é responsável por tornar essa estrutura mais resistente a corrosão, por isso se aplica uma tinta insolúvel em água e ácidos, realizando esta proteção com maestria.

O grupo sugere para a pintura do Kart-Cross uma tinta com características mais escuras, pois a tintas mais escuras absorvem melhor a luz branca emitida

pelos raios solares e não as refletem, ocasionando assim uma secagem mais eficiente.

Para realizar a aplicação da tinta na superfície, é necessário realizar um processo de lixamento, passar uma leve camada de material anticorrosivo. A pintura também como objetivo atender um certo objetivo estético e dar uma cor ao projeto, fornecendo um acabamento final mais atraente, como opção para melhorar ainda mais essa aparência existe também a possibilidade da aplicação do verniz, como uma película praticamente transparente que irá dar ao projeto um certo brilho e resistência, pois é uma camada que também auxilia na proteção da tinta aplicada.

2.8 ACESSÓRIOS

2.8.1 Extintor de incêndio

O extintor de incêndio é um equipamento de segurança, que é utilizado em casos de emergências. É um cilindro que possui um agente extintor sob pressão que é usado com a finalidade de extinguir ou controlar incêndios.

Figura 53 - Extintor de incêndio



Fonte: BLOG KARVI (<https://www.karvi.com.br/>)

2.8.2 Retrovisores

O retrovisor é o componente que fica no exterior do veículo, e é responsável por auxiliar a visibilidade do piloto, permitindo-o enxergar o que está atrás e o que se encontra ao seu lado sem a necessidade de tirar a atenção do que acontece a sua frente.

Figura 54 - Retrovisor



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

2.8.3 Banco automotivo

O banco automotivo se trata do componente que o motorista se senta para conduzir o automóvel.

Figura 55 - Banco automotivo



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

2.8.4 Cinto de segurança

O cinto de segurança é um componente utilizado visando a defesa dos ocupantes do veículo. Em caso de colisão, ele impede que o condutor não se projete para fora do automóvel, também evitando que o motorista bata com a cabeça contrapartes duras ou até mesmo contra o para-brisas. Em Kart-Cross os cintos de segurança utilizados são do tipo estático, ou seja, tem seu ajuste feito de forma manual.

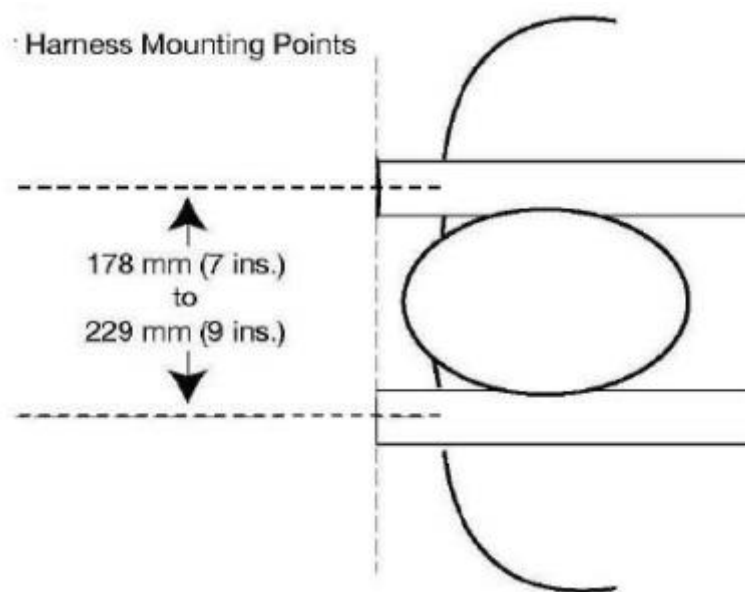
Figura 56 - Cinto de segurança estático



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

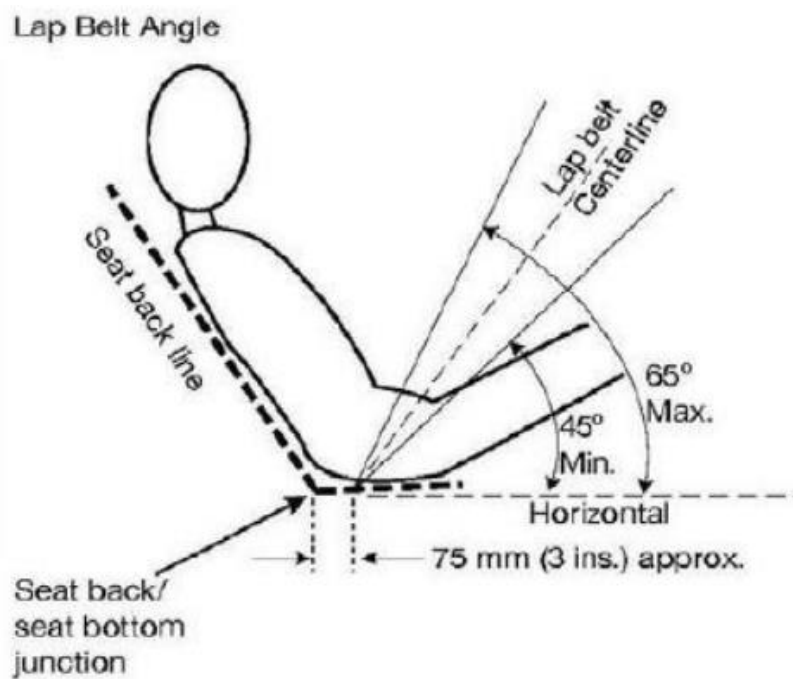
Segundo o regulamento do Baja SAE Internacional, as posições corretas para posicionar o cinto de segurança são das seguintes formas:

Figura 57 - Distância para o posicionamento do cinto



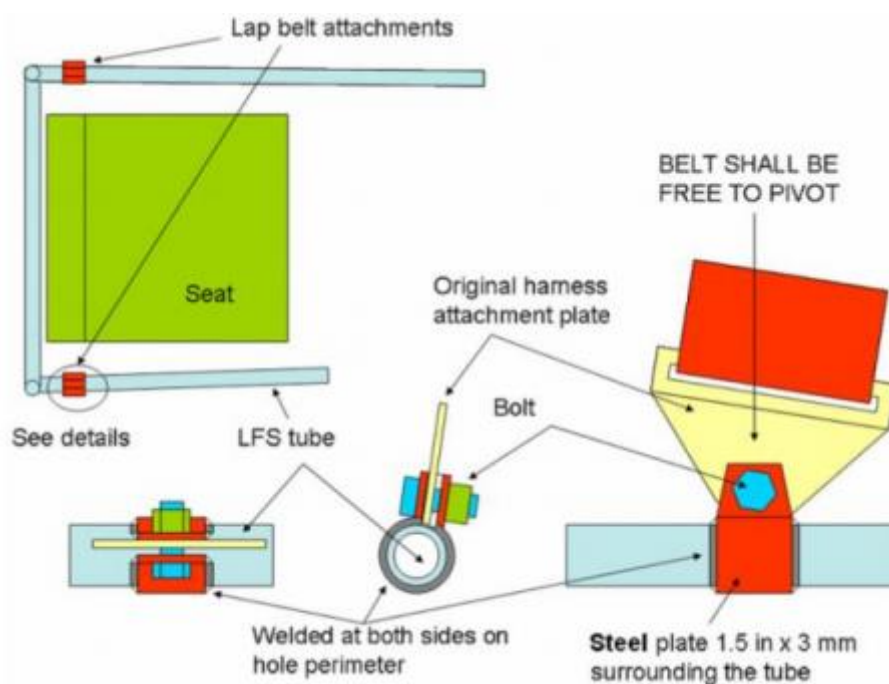
Fonte: RESEARCH GATE (<https://researchgate.net>)

Figura 58 - Posição da parte inferior do cinto



Fonte: RESEARCH GATE (<https://researchgate.net>)

Figura 59 - Fixação do cinto na parte inferior



Fonte: RESEARCH GATE (<https://researchgate.net>)

2.8.5 Indumentária

A indumentária é o conjunto de vestuário que o piloto utilizará durante o uso de uma pista, tanto em competições, quanto em treinos não oficiais ou amaciamento de motores. Segundo a CBA (Confederação Brasileira de Automobilismo), os pilotos de Kart deverão utilizar um capacete de proteção homologado pelo INMETRO ou outro órgão competente. O capacete deverá ter viseira ou em caso de não ter, o uso de óculos de proteção é obrigatório. Também é tido como obrigatório, o uso de macacão homologado pela CIK (Comissão Internacional de Kart), assim como, luvas e sapatilhas de competição.

Figura 60 - Capacete com viseira



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

Figura 61 - Capacete sem viseira



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

Figura 62 - Óculos de proteção



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

O capacete é o principal item de segurança para o piloto de veículos Off-Road, e segundo as regras das competições baja SAE, é necessário que o capacete utilizado seja do tipo motocross com óculos de proteção.

As luvas utilizadas deverão ser totalmente fechadas

Figura 63 - Luvas de automobilismo



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

O macacão também é necessário e nele deverá estar presente o nome do piloto, o seu tipo sanguíneo e fator RH de forma legível.

Figura 64 - Macacão de automobilismo



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

Para os pés, será utilizado uma sapatilha própria para corrida, ela tem como característica principal o seu solado de camada fina, que permite ao piloto ter uma maior sensibilidade dos pedais.

Figura 65 - Sapatilha de automobilismo



Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

Em caso de pilotos com barba ou cabelos longos, será necessário o uso de balaclava.

Figura 66 - Balaclava



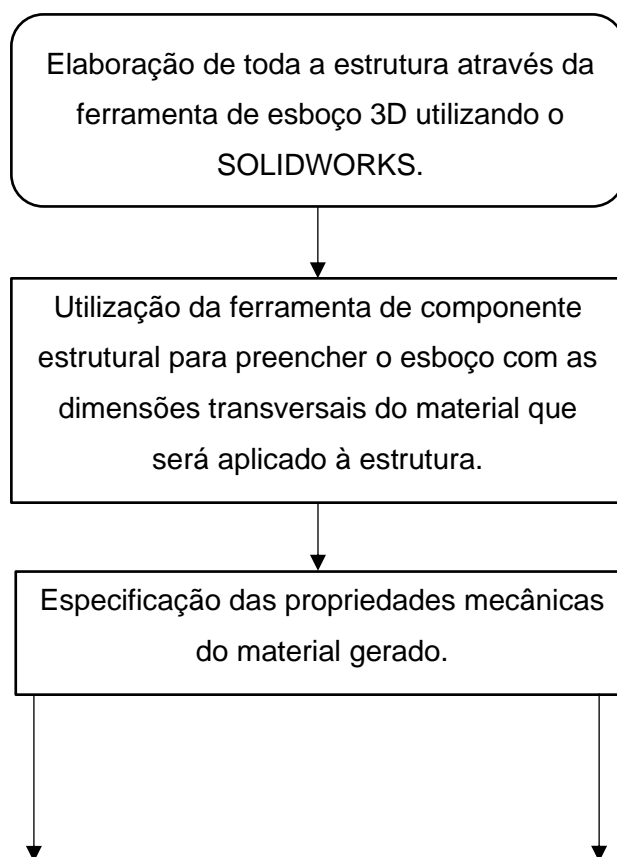
Fonte: PLANET KARTCROSS (<https://www.planet-kartcross.com/>)

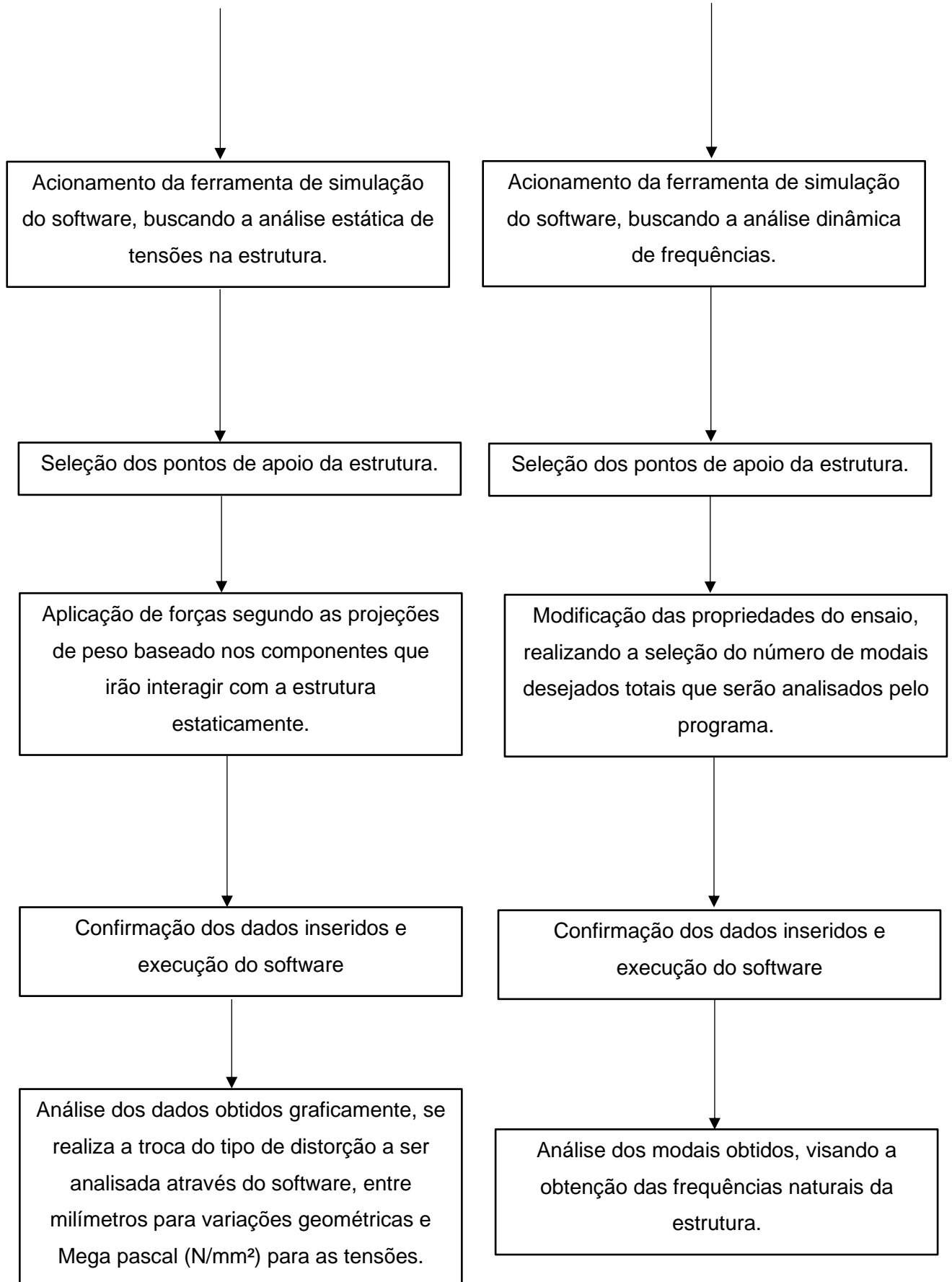
3 METODOLOGIA

Para analisar a confiabilidade da estrutura projetada, o grupo utilizou o auxílio de um software capaz de realizar análises através de métodos matemáticos para expor a estrutura a alguns fenômenos, podendo assim calcular a reação da estrutura a estes fenômenos e apresentar resultados mesmo em ambiente virtual de ensaios que normalmente deveriam ser realizados fisicamente.

O software selecionado para realizar a montagem de toda a gaiola e realizar os ensaios será o SOLIDWORKS, que através da ferramenta de simulação apresenta diversos recursos que possibilitam a realização da análise estrutural e dinâmica que serão feitas para que seja possível obter os resultados que será de interesse direto para a análise do comportamento de toda a estrutura.

A metodologia de preparação da estrutura no software será representada através do fluxograma representado:





4 DIMENSIONAMENTO

Todo o dimensionamento da estrutura foi realizado através da análise de outros projetos de Kart-Cross, onde pode-se observar veículos de tamanhos variáveis. A estrutura da gaiola foi pensada visando encontrar uma média entre os veículos mais pesados e os menores utilizados em competições, visando encontrar um custo benefício interessante, mantendo uma potência também considerável para o veículo.

Todas as chapas foram cotadas de acordo com a necessidade de se realizar o preenchimento de alguma das partes abertas que são normalmente deixadas pela estrutura Space frame.

Os materiais apresentados na estrutura foram selecionados com o objetivo de reduzir o custo do projeto sem comprometer a disponibilidade da própria estrutura. E para garantir que a estrutura irá suportar as cargas as quais a mesma será submetida, é importante realizar estudos através de análises estruturais, que antes de qualquer elaboração de projeto irão demonstrar através de ensaios e modelos matemáticos o comportamento desta estrutura, permitindo que o projetista saiba com o que pode ter de lidar no futuro com possíveis falhas, ou prever as partes mais frágeis de uma estrutura, onde se poderia realizar algum tipo de reforço caso necessário antes da elaboração real.

4.1 ANÁLISE ESTRUTUAL

O Kart-Cross é um veículo, e assim como todo outro veículo, a estrutura de seus componentes é essencial para garantir a segurança física e psicológica do piloto. Como todo o projeto estrutural foi desenvolvido de maneira virtual, será também adotado um método de análise estrutural também virtual para verificar diversos pontos da estrutura, com o auxílio de um software onde é possível analisar as resistências da estrutura, de maneira estática e dinâmica, visto que este tipo de veículo está sujeito a sofrer com variações da estrada irregular por ser um Off-Road, e com a transmissão destas vibrações podendo fadigar as juntas, uma análise detalhada é necessária para que se tenha uma confiabilidade e segurança na utilização do veículo.

O chassi, também chamado de gaiola, funciona como suporte e também como assegurador da ligação dos componentes que no fim formam o veículo completo, dentre esses esforços citados durante a utilização do veículo, alguns problemas podem nem ser mesmo calculáveis, por isso se realiza o desenvolvimento em materiais que tem certa resistência a fadiga, que causa uma redução na elasticidade do material.

Por este motivo se tem em mente ao dimensionar uma gaiola um material que atenda estes quesitos sem realizar um dimensionamento excessivo, o que aumentaria o custo do projeto. Por este motivo, devido ao reduzido peso do veículo, e a baixa potência, o tubo de condução NBR 5580 1" classe leve, pode ser aplicado para o chassi deste tipo de veículo. Este tubo é constituído de um aço doce, podendo ser utilizado em sua fabricação um aço que varia de SAE 1008 à SAE 1012 segundo a norma.

Para as análises estruturais, foi selecionado os limites de resistência do material com menor concentração de carbono, ou seja, o SAE 1008, que possui apenas 0,08% de carbono em sua constituição, um aço macio, maleável, que poderá sim resistir ao peso do projeto, e também a fadiga imposta pela vibração constante das irregularidades do terreno.

4.1.1 Análise estática

Realizar a análise estática de um veículo é um importante passo inicial para se ver o funcionamento da estrutura, possibilitando a quantificação dos esforços internos, e como a estrutura se desloca, possibilitando a visualização das áreas do veículo onde se tem a aplicação de esforços maiores.

Realizar este tipo de análise irá informar se a estrutura e o material aplicado no projeto do chassi serão suficientes para suportar os esforços que podem ser aplicados a estrutura em repouso sem se deformar plasticamente. Para realizar esta análise se deduz forças considerando o peso das chapas, dos componentes internos do veículo e o peso do piloto, que são fatores a serem considerados na utilização direta do veículo.

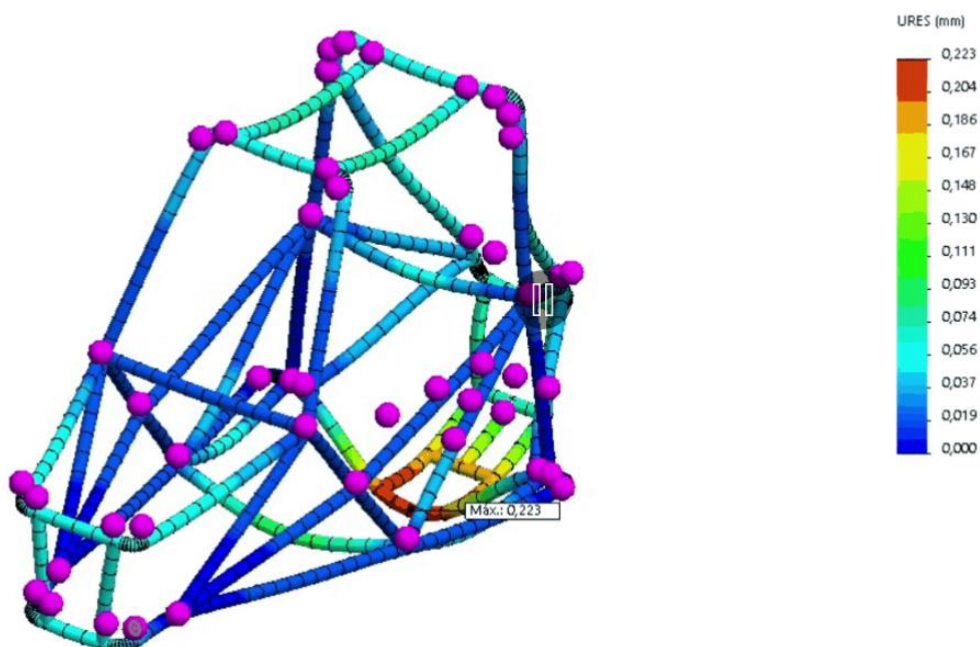
Os resultados a serem obtidos deverão atingir no máximo 67% da tensão de escoamento do material, para que assim, representem e transpareçam segurança em sua utilização.

Então com o auxílio da ferramenta de simulações do SOLIDWORKS, foi aplicado o peso aproximado das chapas em toda a seção superficial dos perfis tubulares, assim como no assoalho se considerou o peso do banco somado ao peso de um motorista de até 120kg.

O tubo de condução NBR 5580, constituído de aço SAE 1008 possui:

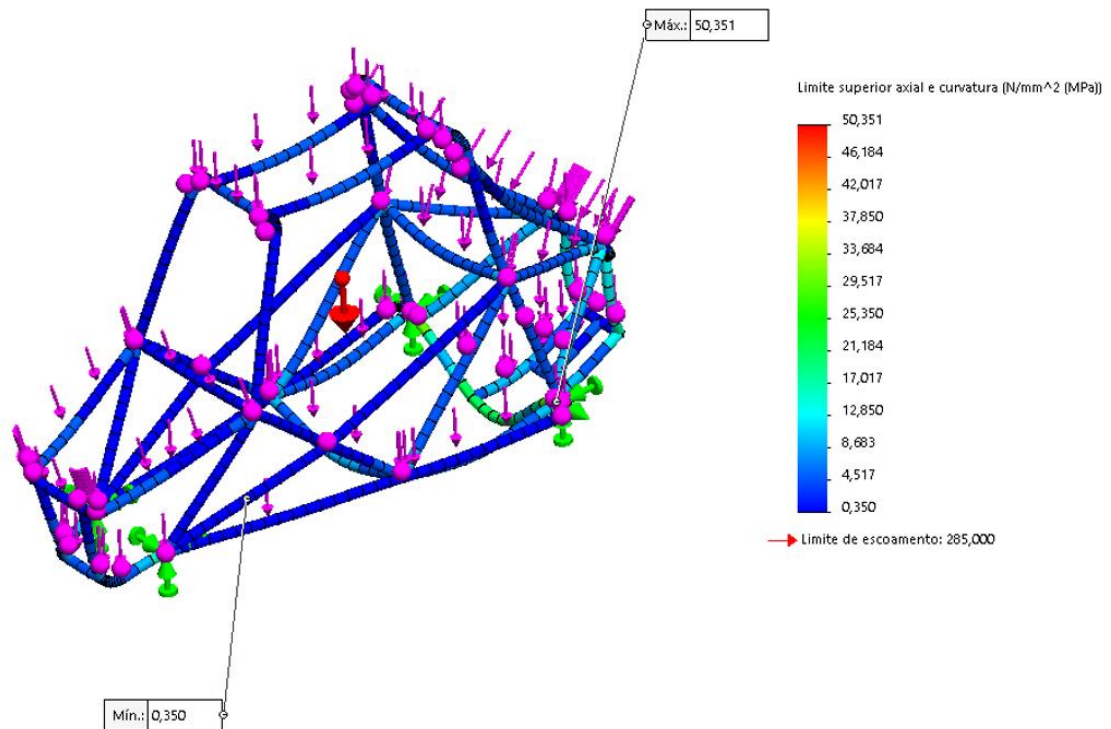
- Densidade: 7.872 g/cm³;
- Limite de escoamento: 285 Mpa;
- Resistência a tração: 340 Mpa;
- Tensão admissível: 190 Mpa;
- Módulo de elasticidade: 210 GPa
- Dureza: 95HB (Brinell), 55 (Rockwell), 98 (Vickers)
- Condutividade térmica: 65.2 W/mK;
- Coeficiente de expansão térmica: 12,6 µm/m°C

Figura 67 – Análise de variação em mm do chassi



Fonte: Autoria do grupo

Figura 68 - Análise de tensões no chassi (MPa)



Fonte: A autoria do grupo

Ao realizar a análise estática do chassi do veículo, encontramos um resultado interessante e vantajoso para uma eventual confecção de um protótipo real para aplicação em um Kart-Cross, visto que a estrutura está em equilíbrio e respeita os limites a elas empregados pela propriedade do material utilizado. Percebe-se a coloração mais forte na área onde será posicionado o motor, que para uma análise estática terá um papel acentuado ao crescer no peso da estrutura, em uma área pequena.

4.1.2 Análise dinâmica

Para analisar o comportamento do Kart-Cross em movimento, seu ambiente mais comum, visto que é um meio de transporte, utilizamos o software SOLIDWORKS para realizar um ensaio de frequências na estrutura. Este ensaio, que consiste na obtenção de frequências naturais na gaiola, através também do Software que o grupo obteve conhecimento durante o processo do trabalho, onde o material aplicado no programa utiliza das propriedades do NBR 5580, o

tubo de condução aplicado à estrutura, que em tese se imagina que o produzido pela empresa respeite as propriedades mecânicas estabelecida pela norma na qual o material está catalogado.

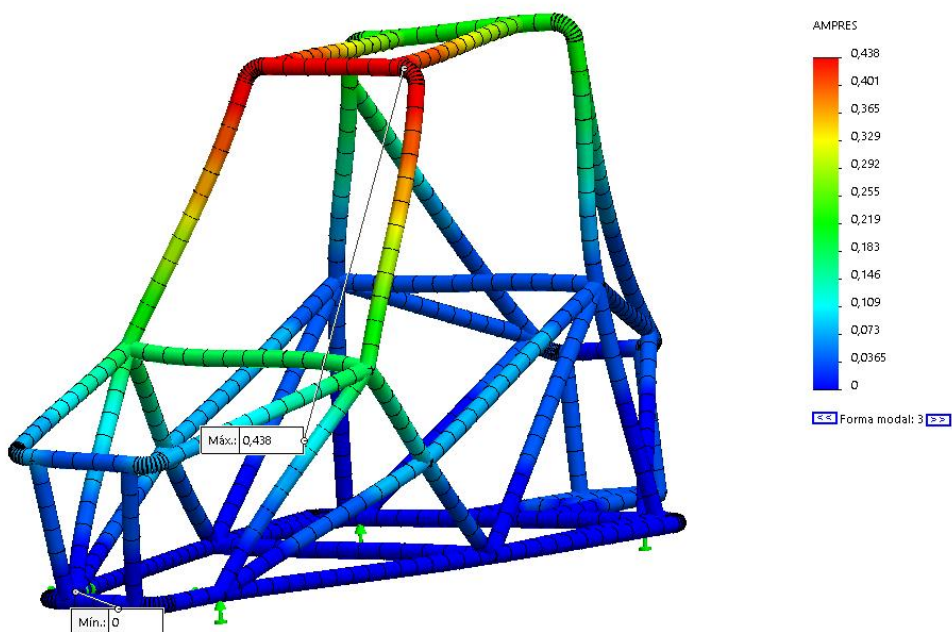
Esta análise, será visualizada pelos modos de vibrar da estrutura, para as frequências naturais encontradas, as cores mais intensas representadas no gráfico, representam a tendência do grau de deformação dos tubos para cada modal, onde N representa o número do ensaio, também chamado de modal, aplicado.

Tabela 4 - Resultados obtidos na análise de frequências da estrutura

N	Frequência (Hz)	Escala de distorção
1	19,318	0,119252
2	29,017	0,0788459
3	54,526	0,473913
4	92,499	0,62724
5	107,55	0,63437
6	123,34	0,54122
7	140,17	0,116196
8	142,25	0,6476
9	151,63	0,577989
10	157,26	0,184954

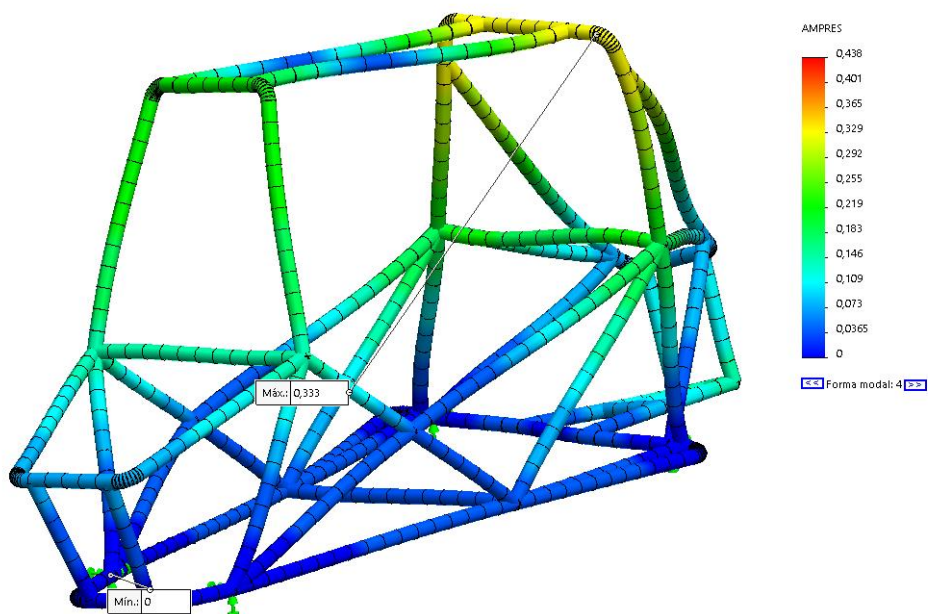
Fonte: Autoria do grupo

Figura 69 - Forma para o terceiro modal de vibração (54,526 Hz)



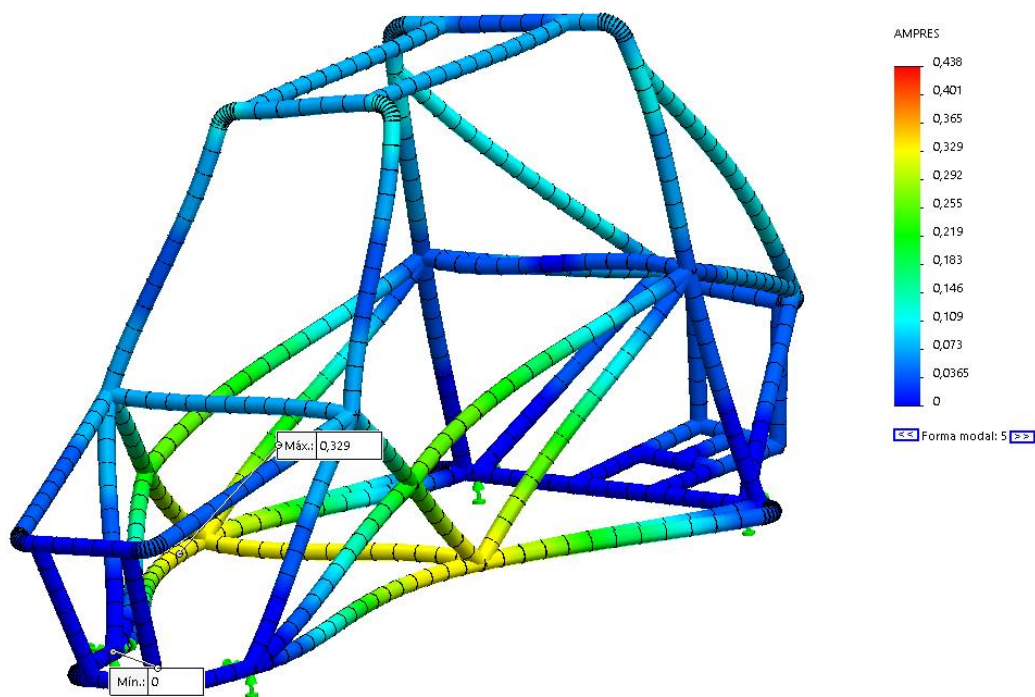
Fonte: Aatoria do grupo

Figura 70 – Forma para o quarto modal de vibração (92,5 Hz)



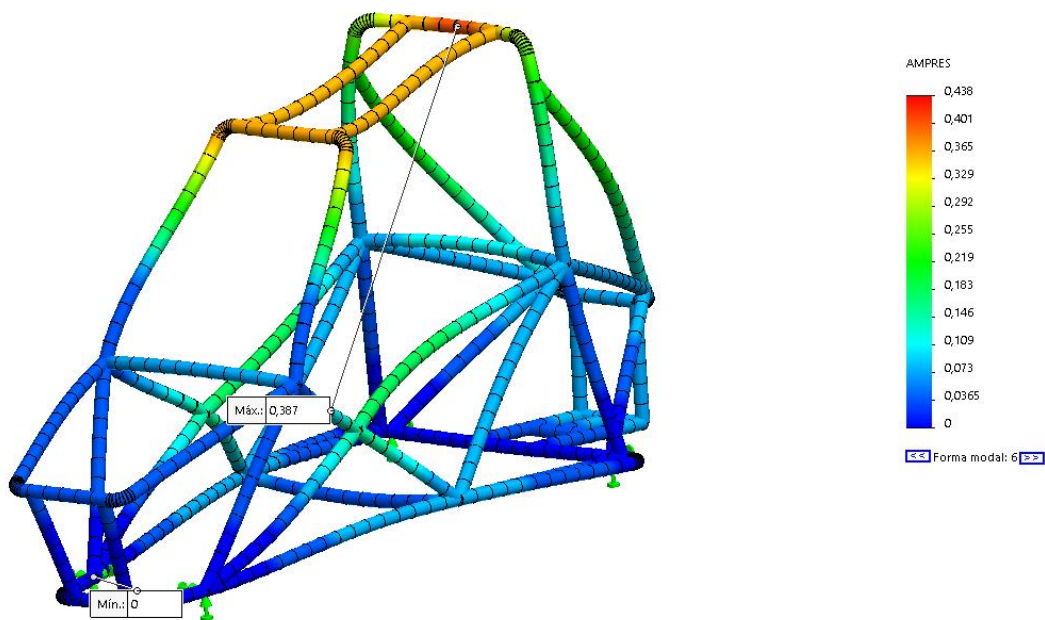
Fonte: Aatoria do grupo

Figura 71 – Forma para o quinto modal de vibração (107,55 Hz)



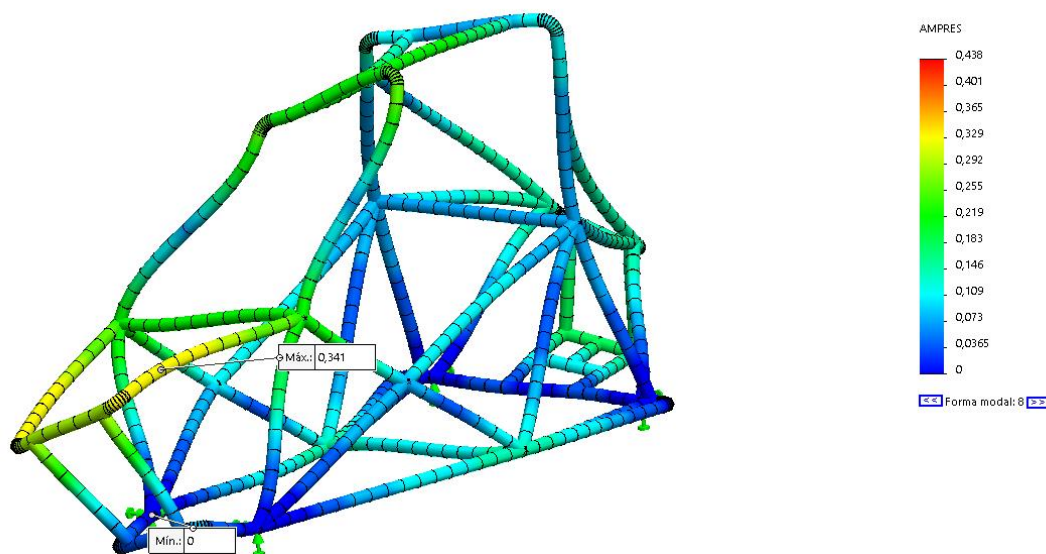
Fonte: Aatoria do grupo

Figura 72 - Forma para o sexto modal de vibração (123,34 Hz)



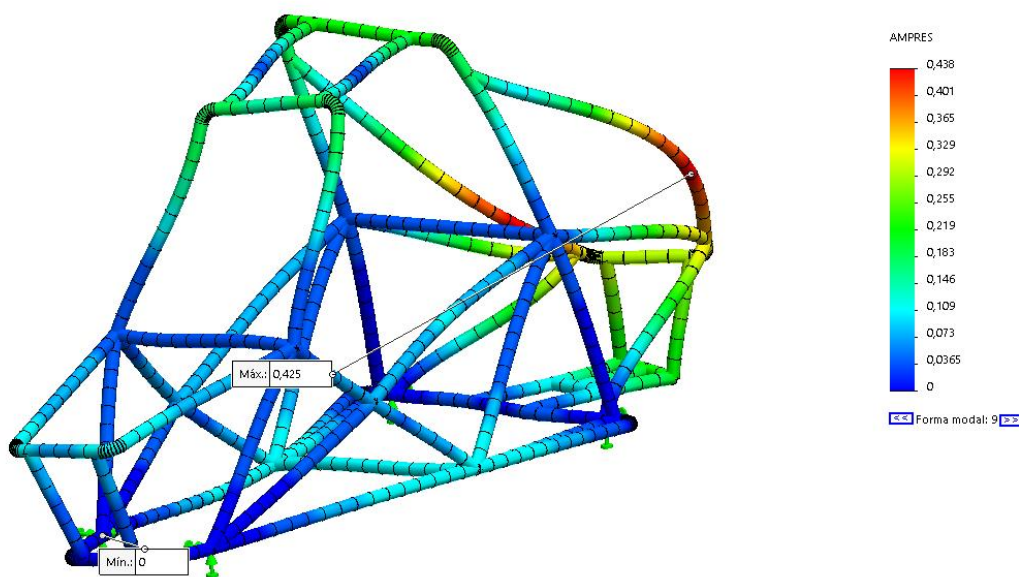
Fonte: Aatoria do grupo

Figura 73 – Forma para o oitavo modal de vibração (142,25 Hz)



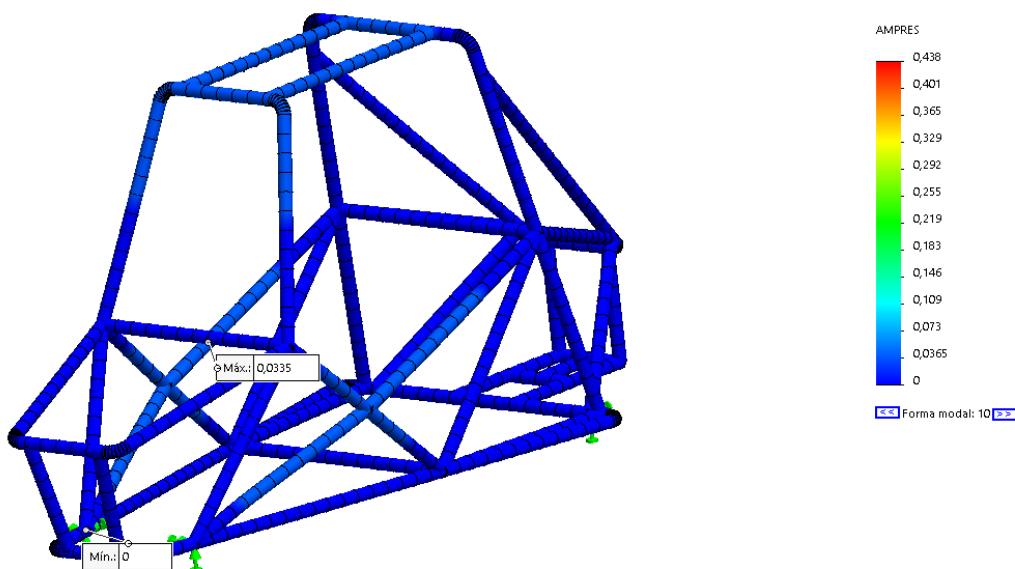
Fonte: Aatoria do grupo

Figura 74 – Forma para o nono modal de vibração (151,63 Hz)



Fonte: Aatoria do grupo

Figura 75 – Forma para o décimo modal de vibração (157,260 Hz)



Fonte: Aatoria do grupo

Os modais um, dois e sete tiveram variações desprezíveis na estrutura para análise visual.

4.2 CUSTO

Para encontrar os custos de fabricação do projeto Kart-Cross pensado pelo grupo, se teve uma certa limitação em virtude do novo corona vírus que atingiu a sociedade no período atual. O grupo não investiu de maneira presencial em maneiras alternativas de se conseguir os materiais necessários para realizar uma eventual manufatura do Kart-Cross, todo o momento atual obrigou o grupo, que realizou o trabalho em meio 100% digital a realizar orçamentos e procurar produtos em ambientes digitais, o grupo então, pode ter encontrado valores tendenciosos à um nível maior, por serem materiais novos e pela crise geral financeira e sanitária pelo qual estamos passando.

Este fato ocorre devido a alguns fatores, como por exemplo o pedido de um certo material em “atacado” ser consideravelmente mais barato comparado ao mesmo preço unitário de um material em “varejo”.

Em um ambiente seguro, o grupo poderia ter realizado algumas visitas e encontrar preços reduzidos, ou em uma eventual realização do projeto até

mesmo doações de empresas que tenham o desejo de ajudar e receberem certa citação no projeto.

4.2.1 Custos do veículo

Para realizar o orçamento geral do Kart-Cross, o grupo separou os componentes que irão compor o veículo em diversos grupos. Os materiais que irão fazer parte do chassi, os materiais que serão do conjunto do POWERTRAIN, responsável pela movimentação do veículo, o sistema de freio, o sistema de suspensão, o sistema de direção, o sistema elétrico, os acessórios necessários para o veículo funcionar com segurança e também a indumentária, itens estes opcionais ao piloto, que são recomendados para trazer um nível ainda superior de segurança ao utilizar o veículo. Deve-se ter em mente que o valor total encontrado não leva em consideração a mão de obra aplicada, pois com todos os detalhes necessários para realizar a produção de um projeto como esse, é necessário visitar oficinas que teriam as ferramentas necessárias para tornar o processo uma possibilidade, porém no ambiente atual é inviável.

Para a estrutura da gaiola do chassi, foi encontrado o tubo no ambiente virtual da loja “Aladim Metais, Barras e Perfis”, pelo valor de R\$220,00 6 metros da mesma. Visto que o projeto irá precisar de 22,69 metros, seriam adquiridas 4 unidades do produto virtual correspondente a 6 metros de tubo, totalizando 24,00 metros.

No mesmo ambiente virtual foram encontrados um valor em dimensões grande de chapa, que ao ser cortada de maneira eficiente pode atender as necessidades do projeto. Também foi encontrado a barra do sub-chassi, onde respeitando o limite mínimo da loja para adquirir elementos estruturais, seria adquirido a barra de seção quadrada que atende os requisitos dimensionais do projeto por R\$161,67 6,00 metros da barra, sendo necessários 2,35 metros da mesma.

O assoalho também foi retirado do mesmo ambiente, sendo uma chapa bem parecida com as laterais, apresentando apenas um aumento em sua espessura.

A tela de borracha para proteção quadriculada foi encontrada o valor de 2 metros quadrados, de R\$240,00.

Tabela 5 - Tabela de custos essenciais para projeto do Kart-Cross

Estrutura do Chassi	Sub-Chassi	R\$ 161,67
	Chapas	R\$ 281,00
	Assoalho	R\$ 260,00
	Tela	R\$ 240,00
	Tubo NBR 5580	R\$ 880,00
Powertrain	Motor	R\$ 2.974,13
	Embreagem	R\$ 440,00
	Eixo de Tração	R\$ 149,90
	Mancais	R\$ 364,00
	Semieixo + Homocinética	R\$ 480,00
	Tanque de Combustível	R\$ 230,00
Sistema de Freio	Pedaleira	R\$ 39,90
	Cilindro Mestre	R\$ 149,90
	Pinça de Freio	R\$ 49,90
	Discos de Freio	R\$ 390,00
Sistema de Suspensão	Pivô (Chevette)	R\$ 880,00
	Braços de Suspensão	R\$ 400,00
	Manga de Eixo	R\$ 1.200,00
	Cubo de Roda Traseiro 15"	R\$ 165,00
	Cubo de Roda Dianteiro 15"	R\$ 321,90
	Amortecedor	R\$ 700,00
	Roda + Pneu	R\$ 589,99
Sistema de Direção	Volante + Cubo	R\$ 189,00
	Coluna de Direção	R\$ 105,00
	Caixa + Terminal de Direção	R\$ 460,00
	Barra de Direção	R\$ 270,00
Sistema Elétrico	Bateria	R\$ 299,00
	Faróis	R\$ 102,89
	Luzes de Freio	R\$ 120,00
	Painel	R\$ 298,50
Acessórios	Banco Concha Fibra	R\$ 230,00
	Cinto de Segurança	R\$ 130,00
	Retrovisor	R\$ 75,00
	Extintor de Incêndio	R\$ 119,90

Fonte: Autoria do grupo

4.2.2 Custos dos equipamentos individuais

Nesses custos, estão relacionados apenas os equipamentos que serão utilizados pelo piloto, portanto, não se incluem no custo total do projeto do Kart-Cross.

Entre estes componentes opcionais, estão componentes que visam aumentar a segurança do piloto na utilização do veículo, em virtude de alguma eventualidade que possa ocorrer e atentar contra a vida do usuário que está utilizando o Kart-Cross.

Tabela 6 - Custo de equipamentos individuais

Componente	Valor
Capacete	R\$ 199,90
Luas de Automobilismo	R\$ 247,12
Macacão de Automobilismo	R\$ 256,90
Sapatilha de Automobilismo	R\$ 399,00
Máscara Balaclava	R\$ 19,90
Total	R\$ 1.122,82

Fonte: Aatoria do grupo

4.2.3 Custo total do projeto

Tabela 7 - Custo total do projeto

Conjuntos	Valores
Estrutura do Chassi	R\$ 1.822,67
Powertrain	R\$ 4.638,03
Sistema de Freio	R\$ 629,70
Sistema de Suspensão	R\$ 4.256,89
Sistema de Direção	R\$ 1.024,00
Sistema Elétrico	R\$ 820,39
Acessórios	R\$ 554,90
Valor Total	R\$ 13.746,58

Fonte: Aatoria do grupo

5 CONCLUSÃO

Ao se observar os resultados, se percebeu que toda a estrutura projetada em sua geometria foi suficiente para suportar de maneira segura todas as cargas a ela empregada, as chapas projetadas também se encaixaram de maneira adequada e fazem o papel para o qual são projetadas.

Visando um veículo de baixa potência, os componentes como itens do Powertrain, sendo um motor BRIGGS de 10 CV se mostra ser suficiente para movimentar toda a estrutura tubular apresentada que se caracteriza como leve, com o sistema de embreagem centrífuga que é simples porém atende muito bem esta aplicação e os custos encontrados dos diversos componentes especificados, que devido a pesquisas em ambientes virtuais não se garante a exatidão dos preços em um cenário prático, porém traz uma ideia próxima nos componentes que especificados (não estruturais).

Com base em todas as informações adquiridas pelo trabalho, o grupo mesmo em um ambiente virtual, chegou a algo bem próximo de um projeto viável, porém como na questão dos custos foram encontrados materiais considerados “novos”, em empresas que realizariam a produção destes componentes, como por exemplo as chapas e os tubos, existe a possibilidade de se encontrar estes componentes em locais considerados mais baratos, ou até mesmo por doação para empresas que por ventura desejariam ser citadas em um trabalho acadêmico, isso implicaria em uma redução bem considerável nos custos do projeto.

BIBLIOGRAFIA

FIEPR. Tudo o Que Você Precisa Saber Sobre Amortecedores. **Canal da Peça**, 2016. Disponível em: <<https://www.canaldapeca.com.br/blog/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-amortecedores/>>. Acesso em: 3 Dezembro 2020.

FRAS-LE. Sistema de freio: componentes e funcionamento. **Auto Pratense**, 2013. Disponível em: <<https://www.autopratenese.com.br/educacional/sistema-de-freio-componentes-e-funcionamento>>. Acesso em: 18 Novembro 2020.

MECANICA INDUSTRIAL. Embreagem Centrífuga. **Mecânica Industrial**, 2021. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/484-embreagem-centrifuga/>>. Acesso em: 05 mar. 2021.

NAKATA AUTOMOTIVA. GUIA DOS AMORTECEDORES: TUDO O QUE VOCÊ QUERIA SABER. **Nakata**, 2020. Disponível em: <<https://blog.nakata.com.br/guia-dos-amortecedores/>>. Acesso em: 5 Fevereiro 2021.

PORTAL SÃO FRANCISCO. Chassi. **Portal São Francisco**, 2015. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/mecanica/chassi>>. Acesso em: 16 Novembro 2020.

RIVIERA. Sistema de Suspensão. **Oficina Riviera**, 2017. Disponível em: <<https://oficinariviera.com.br/site/dicas/109-sistema-de-suspensao>>. Acesso em: 3 Dezembro 2020.

TELMAC. Motores elétricos. **TELMAC**, 2017. Disponível em: <<http://www.telmac.com.br/motores-eletricos.html>>. Acesso em: 23 Fevereiro 2021.

HIBBELER, R.C. Resistência dos materiais. 7.ed. Pearson Brasil. São Paulo - SP, 2005.

GILLESPIE, Thomas D. Fundamentals of Vehicle Dynamics, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, c1992. SAE Internacional.