

**Projecto de um chassis tubular para um veículo de competição  
“Single Seater”**

*Hélio José de Oliveira Santos*

**Dissertação do MIEM**

Orientador na FEUP: Prof. José Luís Soares Esteves



**FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Junho de 2013

*Aos meus Pais e Namorada...*

## **Resumo**

O trabalho desenvolvido nesta dissertação insere-se no âmbito da análise de tensões e deslocamentos, de um chassi tubular para um veículo de competição. Neste trabalho, em particular, é realizado um estudo de um chassi do Formula Gloria B4, no qual são calculadas as tensões e os deslocamentos a que o chassi fica sujeito, quando nele são aplicados os casos especificados e descritos no Regulamento Técnico Formula “Tuga” e pelo Regulamento Técnico Formula Ford. Também foi feito o estudo do comportamento em rigidez à torção. Após este estudo, tinha-se como objectivo criar um novo chassi, que cumprisse as normas impostas pelos regulamentos e que as suas características técnicas fossem melhoradas.

Na primeira fase do trabalho desta dissertação, foi feito um estudo pormenorizado aos regulamentos técnicos, de forma a saber quais as normas que o chassi deve cumprir, nomeadamente o ponto 10 do Regulamento Técnico da Fórmula “Tuga” e também o ponto 2 do Regulamento Técnico da Formula Ford que apresenta os ensaios de carga estática a efectuar ao arco de segurança para a sua aprovação.

Numa segunda fase, foram efectuados os ensaios na estrutura através da ferramenta Multiframe®, onde se calcularam as tensões e deslocamentos que o chassi sofre quando sujeito aos vários ensaios necessários para a homologação.

## **Abstract**

The work developed in this dissertation falls within the scope of the analysis of stresses and displacements in a chassis of a competition vehicle. In this work, in particular, is a study of a chassis of a Formula Gloria B4, for which they are calculated stresses and displacements that the chassis is subjected when it is applied to the cases specified in the regulations described by Formula Technical Regulation "Tuga " Technical Regulation and the Formula Ford. After this study had the objective of creating a new chassis that met the standards imposed by the regulations and their technical characteristics were improved.

In the first phase of the work of this dissertation was made a detailed study of the technical regulations in order to know which standards must comply with the chassis, and in particular paragraph 10 of the Technical Regulations of Formula "Tuga" and also Section 2 of Regulation Technical Formula Ford presents the static load tests to be made ROPS for approval.

In a second phase are carried out tests on the structure by Multiframe ® tool, which calculated the stresses and displacements that the chassis suffers when subjected to the tests required for certification.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar ao meu orientador, Eng.º José Luís Soares Esteves, por toda a disponibilidade, orientação e paciência, pois foi incansável durante a realização desta dissertação.

Agradeço também á minha família pela compreensão e pelo incentivo dado.

## Índice

1. Introdução .....	1
1.1. Motivação.....	1
1.2. Objectivos .....	1
1.3. Revisão Bibliográfica.....	2
1.3.1. Segurança .....	2
1.3.2. Chassi e a sua influência no comportamento do Carro .....	3
1.3.3. Chassi.....	4
2. Especificações do Chassi .....	7
2.1. Condições Iniciais de estudo.....	7
2.1.1 Regulamento .....	7
2.1.2 Restrições Físicas .....	9
2.2. Condições do desenvolvimento .....	10
2.2.1 Torção.....	10
2.2.2 Casos de Carga.....	10
2.2.3 Peso Próprio .....	10
3. Design .....	11
3.1. Conceitos do projecto.....	11
3.1.1. Primeiro Esboço .....	11
3.1.2. Escolhas Finais para o chassi .....	12
4. Validação do Multiframe.....	15
5. Análise estrutural do Chassi .....	25
5.1. Glória B4 .....	25
5.1.1.Casos de Carga .....	27
5.1.1.1.Carga Frontal Negativa.....	27
5.1.1.2.Carga Frontal Positiva .....	31
5.1.1.3.Carga Lateral.....	35
5.1.1.4.Carga Vertical Descendente .....	39
5.2. Spartan evo 2.....	43
5.2.1.Casos de Carga .....	44
5.2.1.1.Carga Frontal Negativa.....	44
5.2.1.2.Carga Frontal Positiva .....	48
5.2.1.3.Carga Lateral.....	52
5.2.1.4.Carga Vertical Descendente .....	56
5.3. Caso Torção Gloria B4.....	60
5.3.1.Caso de Torção entre o Triângulo Frontal e Triângulo Traseiro.....	61
5.3.1.1.Condições de Fronteira.....	61
5.3.1.2.Deformada .....	61
5.3.2.Caso de Torção entre o Frente do chassi e Triângulo Traseiro .....	62
5.3.2.1.Condições de Fronteira.....	62
5.3.2.2.Deformada .....	63
5.3.3.Caso de Torção entre o Arco de Segurança e Triângulo Traseiro .....	64
5.3.3.1.....	Condições de Fronteira
5.3.3.2.....	Deformada

5.3.4.Caso de Torção entre o Frente do chassi e última fixação do Triângulo Traseiro .....	65
5.3.4.1.Condições de Fronteira.....	65
5.3.4.2.Deformada .....	66
5.3.5.Caso de Torção entre o Frente do chassi e o Arco de Segurança.....	67
5.3.5.1.Condições de Fronteira.....	67
5.3.5.2.Deformada .....	67
5.4. Caso Torção Spartan evo 2 .....	68
5.4.1.Caso de Torção entre o Triângulo Frontal e Triângulo Traseiro.....	69
5.4.1.1.Condições de Fronteira.....	69
5.4.1.2.Deformada .....	69
5.4.2.Caso de Torção entre o Frente e Triângulo Traseiro .....	70
5.4.2.1.Condições de Fronteira.....	70
5.4.2.2.Deformada .....	71
5.4.3.Caso de Torção entre o Arco de Segurança e Triângulo Traseiro .....	72
5.4.3.1.Condições de Fronteira.....	72
5.4.3.2.Deformada .....	72
5.4.4.Caso de Torção entre Frente e última fixação do Triângulo Traseiro .....	73
5.4.4.1.Condições de Fronteira.....	73
5.4.4.2.Deformada .....	74
5.4.5.Caso de Torção entre Frente e Arco de Segurança.....	75
5.4.5.1.Condições de Fronteira.....	75
5.4.5.2.Deformada .....	75
6. Conclusão .....	79
6.1. Conclusões .....	79
6.2. Sugestões de Trabalhos Futuros .....	80
7. Referências e Bibliografia .....	81
ANEXO A:Regulamento Técnico Formula “Tuga”- FPAK.....	82
ANEXO B:Formula Ford Zetec Technical Regulations .....	87
ANEXO C:Ficha Técnica Gloria B4 .....	99
ANEXO D:Ficha Do Aço 42CrMo4 - OVAKO .....	101
ANEXO E:Propriedade Dos Aços.....	102
ANEXO F:Desenhos Técnicos Gloria-B4 .....	103
ANEXO G:Desenhos Técnicos Spartan evo 2.....	107

## Índice de Figuras

Figura 1 - Cinto de quatro pontos indicado para a competição [5] .....	2
Figura 2 - À esquerda roll cage [6], á direita a instalação e a sua envolvência num carro de competição [7] .....	3
Figura 3 - Barra estabilizadora Traseira [9].....	3
Figura 4 - Barra anti aproximação das torres de suspensão dianteira [11] .....	4
Figura 5 - Twin Tube ou Ladder-Type Chassi [1].....	4
Figura 6 - Chassi Multi-tubular [2] .....	5
Figura 7 - Chassi Space Frame [10] .....	6
Figura 8 - Primeiro esboço do chassi Spartan .....	11
Figura 9 - Chassi Spartan evolução final .....	12
Figura 10 – Vista lateral do chassi Spartan evo 2.....	13
Figura 11 – Zona do arco de segurança e zona do depósito de combustível .....	13
Figura 12 – Vista traseira do Chassi Spartan evo 2.....	13
Figura 13 – Vista de topo do chassi Spartan evo 2 .....	14
Figura 14 – Vista inferior do chassi Spartan evo 2 .....	14
Figura 15 – Plano de pormenor da zona de ligação do braço de travamento do arco de segurança .....	14
Figura 16 - Caso de Validação.....	15
Figura 17 - Diagrama dos Esforços Normais .....	16
Figura 18 - Diagrama de esforços devido ao Momento Torsor .....	17
Figura 19 - Diagrama de esforços devido a Momento Flector em y .....	17
Figura 20 - Esforços na Barra AB devido ao Momento Flector em z.....	18
Figura 21 - Esforços na Barra BC devido ao Momento Flector em y .....	18
Figura 22 - Esforços na Barra BC devido ao Momento Flector em z .....	19
Figura 23 - Aplicação da Carga Unitária .....	19
Figura 24 - Esforços devidos ao Momento Torsor .....	20
Figura 25 - Esforços na barra AB devido a Momento Flector em Y .....	20
Figura 26 - Esforços na barra CB devido a Momento Flector em Y .....	21
Figura 27 - Eixos e Forças concentradas utilizadas na validação em kN.....	22
Figura 28 - Valores obtidos para a flecha segundo o Multiframe .....	23
Figura 29 - Chassi Gloria B4 .....	25
Figura 30 - Chassi Gloria B4 e a numeração de alguns elementos .....	26
Figura 31 – Dimensões base do chassi Gloria B4 .....	26

Figura 32 - Condições de fronteira.....	27
Figura 33 - Aplicação de Uma Carga Frontal Negativa de -32373 N no arco de segurança .....	27
Figura 34 - Deformada devido á Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança.....	28
Figura 35 - Esforço Px em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança.....	28
Figura 36 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança.....	29
Figura 37 - Esforço My em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança .....	29
Figura 38 - Esforço Mz em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança .....	30
Figura 39 - Aplicação de Uma Carga Frontal Positiva de 32373N no arco de segurança .....	31
Figura 40 - Deformada devido á Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança .....	31
Figura 41 - Esforço Px em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança .....	32
Figura 42 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança .....	32
Figura 43 - Esforço My em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança.....	33
Figura 44 - Esforço Mz em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança.....	33
Figura 45 - Aplicação de Uma Carga Lateral de 8829 N no arco de segurança .....	35
Figura 46 - Deformada devido á Carga Lateral aplicada no arco de segurança .....	35
Figura 47 - Esforço Px em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança .....	36
Figura 48 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança .....	36
Figura 49 - Esforço My em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança.....	37
Figura 50 - Esforço Mz em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança.....	37
Figura 51 - Aplicação de Uma Carga Vertical Descendente de 44145 N no arco de segurança.....	39
Figura 52 - Deformada devido á Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança.....	39
Figura 53 - Esforço Px em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança .....	40
Figura 54 - Esforço Momento Torsor devido à Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança.....	40
Figura 55 - Esforço My em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança .....	41
Figura 56 - Esforço Mz em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança .....	41
Figura 57 – Condições de fronteira do chassi Spartan evo 2 .....	43
Figura 58 - Aplicação de uma Carga Frontal Negativa de -32373 N no arco de segurança.....	44
Figura 59- Deformada devido á Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança.....	44
Figura 60 - Esforço Px em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança.....	45

Figura 61 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança.....	45
Figura 62 - Esforço My em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança .....	46
Figura 63 - Esforço Mz em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança .....	46
Figura 64 - Aplicação de Uma Carga Frontal Positiva de 32373 N no arco de segurança .....	48
Figura 65 - Deformada devido á Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança .....	48
Figura 66 - Esforço Px em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança .....	49
Figura 67 - Esforço Tx em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança .....	49
Figura 68 - Esforço My em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança.....	50
Figura 69 - Esforço Mz em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança.....	50
Figura 70 - Aplicação de Uma Carga Lateral de 8829N no arco de segurança .....	52
Figura 71 - Deformada devido á Carga Lateral aplicada no arco de segurança .....	52
Figura 72 - Esforço Px em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança .....	53
Figura 73 - Esforço Tx em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança .....	53
Figura 74 - Esforço My em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança.....	54
Figura 75 - Esforço Mz em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança.....	54
Figura 76 - Aplicação de Uma Carga Vertical Descendente de 32373 N no arco de segurança.....	56
Figura 77 - Deformada devido á carga vertical descendente aplicada no arco de segurança.....	56
Figura 78 - Esforço Px em função da carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança .....	57
Figura 79 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança.....	57
Figura 80 - Esforço My em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança .....	58
Figura 81 - Esforço Mz em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança .....	58
Figura 82 - Chassi Gloria B4 com cargas á Torção de 2 KN.m .....	60
Figura 83 – Condições de fronteira, quatro encastramentos nos triângulos traseiros .....	61
Figura 84 – Deformada do chassi Gloria B4 para uma carga de 2 KN.m devido ao efeito de Torção entre os Triângulos traseiros e dianteiros.....	61
Figura 85 - Condições de fronteira para o caso de torção entre Frente do chassi e Triângulo traseiro .....	62
Figura 86 - Deformada do chassi Gloria B4 para uma carga de 2 KN.m devido ao efeito de Torção .....	63
Figura 87 – Condições de fronteira para o caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo Traseiro .....	64
Figura 88 – Deformada para o caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo Traseiro .....	64

Figura 89 – Condições de fronteira do caso de Torção entre a Frente e a última fixação dos Triângulos traseiros.....	65
Figura 90 - Deformada do chassi Gloria B4 para uma carga de 2 KN.m devido ao efeito de Torção entre a Frente do chassi e última fixação dos Triângulos traseiros .....	66
Figura 91 – Condições de fronteira para o caso de torção entre a frente do chassi e o arco de segurança .....	67
Figura 92 – Deformada para o caso de torção entre a frente do chassi e o arco de segurança .....	67
Figura 93 - Chassi Spartan evo 2 com cargas á Torção de 2 KN.m .....	68
Figura 94 – Condições de fronteira para o caso de torção entre triângulos.....	69
Figura 95 - Deformada do chassi Spartan evo 2 para o caso de torção entre triângulos .....	69
Figura 96 - Condições de fronteira para o caso de torção entre A Frente do Chassi e Triângulos Traseiros.....	70
Figura 97 - Deformada do chassi Spartan evo 2 para o caso de torção entre a Frente do Chassi e os Triângulos Traseiros.....	71
Figura 98 - Condições de fronteira para o caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo traseiro .....	72
Figura 99 - Deformada para o caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo traseiro .....	72
Figura 100 - Condições de fronteira para o caso de torção entre a Frente do chassi Triângulo traseiro .....	73
Figura 101 – Deformada para o caso de torção entre a Frente do chassi e a última fixação do Triângulo traseiro .....	74
Figura 102 - Condições de fronteira para o caso de torção entre a Frente do chassi e o Arco de segurança.....	75
Figura 103 – Deformada para o caso de torção entre a Frente do chassi e o Arco de segurança .....	75

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dados do Tubo para validação .....	15
Tabela 2 - Esforços resultantes.....	16
Tabela 3 - Dados técnicos do tubo utilizado no Multiframe®.....	22
Tabela 4 - Valores Obtidos Pelo Multiframe® para a flecha .....	23
Tabela 5 – Valores obtidos pelo Multiframe® para os Momentos e Tensões .....	24
Tabela 6 - Resultados obtidos para o chassi Gloria B4 no caso de Carga Frontal Negativa de 32373 N .....	30
Tabela 7 - Resultados obtidos para o chassi Gloria B4 no caso de Carga Frontal Positiva de 32373 N .....	34
Tabela 8 - Resultados obtidos para o chassi Gloria B4 no caso de Carga Lateral de 8829 N .....	38
Tabela 9 - Resultados obtidos para o chassi Gloria B4 no caso de Carga Vertical Descendente de 44145 N .....	42
Tabela 10 - Resultados obtidos para o chassi Spartan evo 2 no caso de Carga Frontal Negativa de 32373 N.....	47
Tabela 11 - Resultados obtidos para o chassi Spartan no caso de Carga Frontal Positiva de 32373 N .....	51
Tabela 12 - Resultados obtidos para o chassi Spartan evo 2 no caso de Carga Lateral de 8829 N .....	55
Tabela 13 - Resultados obtidos para o chassi Spartan evo 2 no caso de Carga Vertical Descendente de 32373 N .....	59
Tabela 14 – Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre os Triângulos dianteiros e traseiros .....	62
Tabela 15 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre a Frente e os Triângulos Traseiros .....	63
Tabela 16 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre o Arco de segurança e Triângulo Traseiro .....	65
Tabela 17 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre a Frente e a última fixação dos Triângulos Traseiros.....	66
Tabela 18 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre a Frente e o Arco de segurança .....	68
Tabela 19 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre Triângulos .....	70
Tabela 20 – Valores da deformada e ângulo de torção para uma carga de 2KN.m .....	71
Tabela 21 - Valores da deformada e ângulo de rotação no caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo traseiro .....	73
Tabela 22 - Valores da deformada e ângulo de rotação no caso de torção entre a Frente do chassi e a última fixação do Triângulo traseiro .....	74

Tabela 23 - Valores da deformada e ângulo de rotação no caso de torção entre a Frente do chassi e o Arco de segurança.....	76
Tabela 25 - Valores da Deformada para uma carga de 2 KN.m.....	77
Tabela 24 - Valores da Deformada para uma carga de 2KNxm.....	77
Tabela 26 - Valores da Deformada, Peso Próprio e Rigidez Torsional para uma carga de 2 KN.m .....	77

## **1. Introdução**

### **1.1. Motivação**

O mundo automóvel é um espaço de paixão, mas também de conhecimento e investigação contínua no qual a evolução na competitividade e segurança são fundamentais. Desta forma o ramo da Engenharia Mecânica está intrinsecamente ligada a este mundo.

A segurança automóvel é um aspecto crítico e um dos mais investigados, de tal forma que todas as marcas de automóveis são obrigadas a cumprir com determinadas normas e critérios de segurança.

No caso da competição a segurança também é um aspecto muito importante de investigação e desenvolvimento, pode-se dizer mesmo que a maior parte dos sistemas implementados nos automóveis de uso quotidiano, são provenientes da alta competição automóvel.

O chassi de um Formula tem por objectivo primordial, proteger a integridade física do piloto, mas também este é projectado e desenvolvido de modo a ter uma elevada prestação em termos competitivos, nomeadamente o seu peso tem de ser reduzido e factores como a flexibilidade e rigidez torsional são factores muito importantes para uma boa prestação em corrida.

Hoje em dia, com o auxílio de meios computacionais de modelação tridimensional e elementos finitos é possível simular o comportamento de uma estrutura quando sujeita a cargas que reproduzem esforços reais e tirar conclusões prévias de modo a poder alterar sem que seja necessária a sua construção física e assim se evitam muitos testes físicos e, por vezes, destruição do modelo.

### **1.2. Objectivos**

Este trabalho tem por objectivo o estudo do comportamento de um chassi, já existente no mercado nomeadamente o Gloria B4, de modo a uma melhor compreensão e conhecimento das suas características, com o objectivo de criar ou desenvolver um novo chassi que possa ser utilizado em competição, num troféu “single seater”, organizado pela estrutura da FPAK (Federação Portuguesa de Automobilismo e Karting), nomeadamente no Troféu Formula “Tuga”.

Numa primeira fase pretende-se um conhecimento profundo do regulamento da FPAK (Federação Portuguesa de Automobilismo e Karting), no que respeita ao troféu Formula Tuga, de modo a que o chassi cumpra todas as normas impostas.

Numa segunda fase, pretende-se uma análise estrutural, potencializada pelo uso do software Multiframe®, de modo a compreender o comportamento de cada elemento do chassi.

### 1.3.Revisão Bibliográfica

#### 1.3.1. Segurança

Na área da competição a probabilidade de haver um acidente é elevada, já que a condução do automóvel é feita nos limites de condução do piloto como nos limites de segurança do automóvel.

Com a ajuda da tecnologia, os pilotos têm vindo consecutivamente a bater a melhor volta de cada circuito, bem como atingem velocidades cada vez mais elevadas, o que leva a que o factor segurança seja um dos factores mais importantes a ter em conta no desenvolvimento e construção de um chassi.

Na construção de um chassi, na vertente de segurança, é necessário ter em conta que é necessária a inclusão de vários componentes tais como cintos de segurança, barras de segurança, a própria disposição da estrutura do chassi vão ser factores que influenciam a segurança do piloto.

De modo a que o factor segurança não seja descurado, as entidades desportivas como a FPAK (Federação Portuguesa de Automobilismo e Karting) impõem restrições e obrigações de modo a que a segurança do piloto seja respeitada por todos aqueles que participam. Estas obrigações e restrições vão ser demonstradas mais a frente através do regulamento do Troféu Formula Tuga da FPAK.

Alguns exemplos dos elementos constituintes de um veículo de competição, de modo a aumentar a sua segurança.

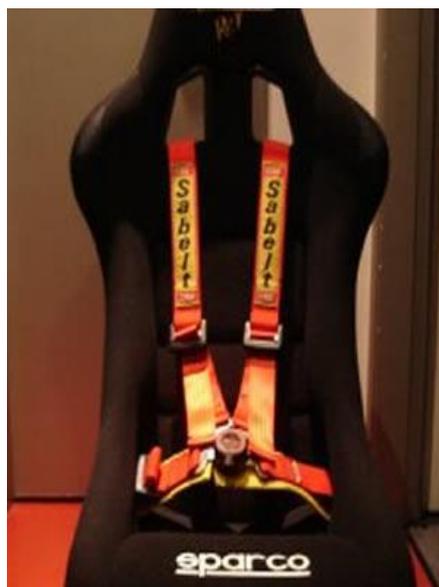


Figura 1 - Cinto de quatro pontos indicado para a competição [5]



Figura 2 - À esquerda roll cage [6], á direita a instalação e a sua envolvência num carro de competição [7]

### 1.3.2. Chassi e a sua influência no comportamento do Carro

A geometria de um chassi é muito importante, pois vai influenciar directamente o comportamento e o conforto do carro. No ramo da competição, o aspecto mais importante, no que respeita ao chassi, é o comportamento do mesmo face às condições de corrida. Um chassi mal projectado vai ter influência directa sobre vários factores, tais como, o seu comportamento aerodinâmico, a curvar, na travagem, na aceleração, subida de correctores e na estabilidade em recta.

É fundamental que o chassi suporte todas estas solicitações e que mantenha as suas características de projecto, pois se isso não acontecer, todos os outros componentes nomeadamente as suspensões não irão funcionar correctamente, o que leva a uma baixa performance do carro e por sua vez do piloto.

De modo a melhorar o comportamento do chassi pode-se incorporar barras estabilizadoras dianteiras ou traseiras, mais flexíveis ou mais rígidas de modo a melhorar o comportamento do carro.

Pretende-se então que o chassi seja suficientemente rígido de modo a suportar essas solicitações, que esteja de acordo com os critérios mínimos de segurança e ainda que tenha um peso próprio baixo.



Figura 3 - Barra estabilizadora Traseira [9]



Figura 4 - Barra anti aproximação das torres de suspensão dianteira [11]

A incorporação de barras estabilizadoras no chassi tem influência directa no comportamento do mesmo, com uma barra estabilizadora dianteira pode-se aumentar a aderência do carro e a capacidade de curvar, por sua vez diminui-se a aderência na traseira, se se incorporar uma barra estabilizadora traseira diminui-se a aderência na traseira, tem uma resposta mais rápida de direcção em altas velocidades, em curvas fechadas e um aumento do controlo da direcção mas por sua vez aumenta a aderência na frente.

Todas as opções de modificação de um chassi tem prós e contras. Para um bom desempenho em corrida tudo depende de um equilíbrio geral do carro.

### 1.3.3. Chassi

O desenvolvimento de um chassi para que este tenha uma rigidez torsional adequada é um estudo que já se executa há mais de trinta anos. Um dos primeiros chassis tubulares a ser desenvolvido foi o Twin Tube ou Ladder Frame Chassis, com dois membros laterais de grande diâmetro na diagonal ou na horizontal, ou uma mistura de ambos, estes dois membros laterais podem ser do mesmo diâmetro ou inferior relativamente ao chassi.

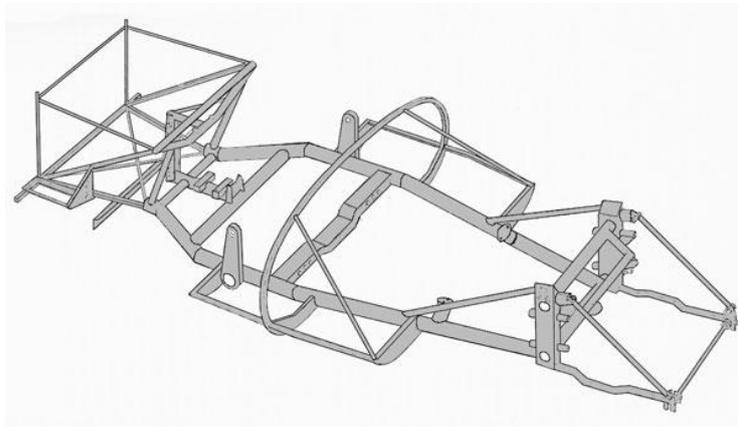


Figura 5 - Twin Tube ou Ladder-Type Chassi [1]

Os chassis entre o chassis Twin Tube e o Chassi Space Frame e num compromisso em termos de rigidez e o custo de multi-tubulares são de eficiência muito baixa, mas provaram ser bem-sucedidos numa comparação produção.

Um chassi multi-tubular para ter a rigidez das juntas soldadas e rigidez torsional dos seus membros, é necessário ser construído com tubos de secção relativamente grande.

A capacidade de carga de uma estrutura multi-tubular é geralmente, bastante elevada, desde que haja suficientes elementos diagonais ao longo do comprimento do chassis.

A capacidade de torção depende largamente do número de membros, do diâmetro e da secção de tubagem utilizada, mas é muito inferior ao de um Space Frame.

Um chassi multi-tubular eficaz deve, também por necessidade, de ser consideravelmente mais pesado do que um chassi Space Frame. A durabilidade depende, principalmente do peso, mas mesmo um chassi fortemente construído deste tipo é mais susceptível a falhas estruturais do que um chassi Space Frame, leve e bem concebido, devido às cargas de flexão localizadas nas juntas soldadas.

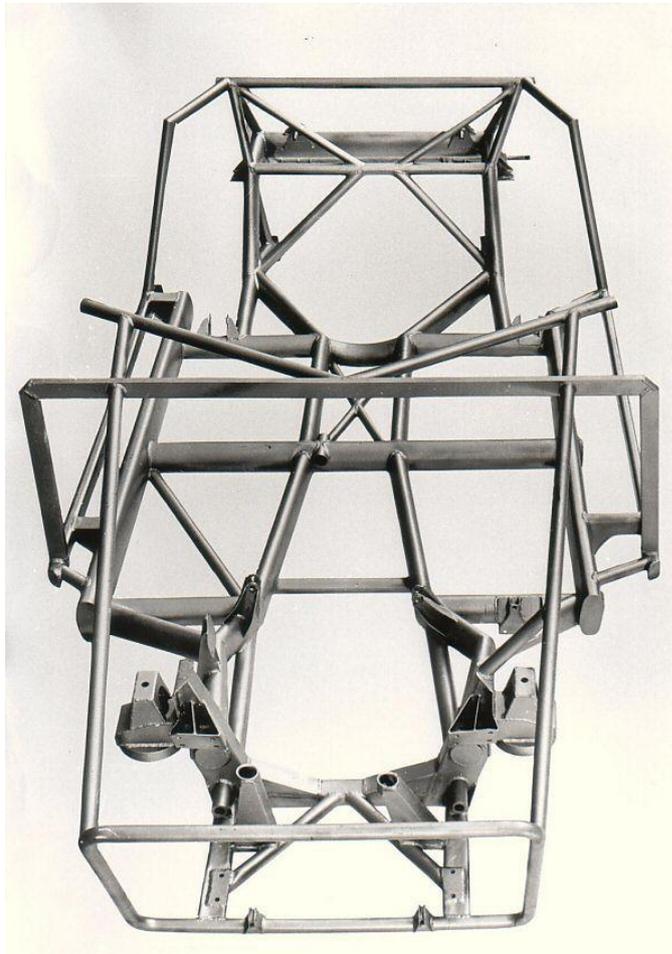


Figura 6 - Chassi Multi-tubular [2]

O chassi Space Frame é o tipo mais eficiente de chassis que é possível construir em produção limitada. No que diz respeito ao Chassi Space Frame, é difícil conceber um chassis deste tipo que tenha a rigidez torsional adequada, sem ter automaticamente uma elevada rigidez à flexão.

A função primária de um chassi de alto desempenho é a rigidez á torção.

A resistência ao impacto é muito boa, no caso de colisões pequenas, tal como os danos devem ser limitados ao compartimento que recebe o impacto.

Os principais impactos são absorvidos progressivamente, cada compartimento do chassi absorve o impacto, até este entrar no campo plástico da deformação do aço utilizado na sua construção. No caso de uma colisão a alta velocidade, embora o carro possa ser amplamente danificado, o facto é que este tipo de construção absorve progressivamente o impacto minimizando assim lesões do condutor.



Figura 7 - Chassi Space Frame [10]

## 2. Especificações do Chassi

### 2.1. Condições Iniciais de estudo

#### 2.1.1 Regulamento

De acordo com o Regulamento Técnico Formula "Tuga" da FPAK, disponibilizado em 2013, que define quais são as condições que os formulas devem respeitar para poderem ser homologados.

No Ponto 1,3,8 e 10 deste regulamento estão explicitadas a normas a seguir no estudo e construção do chassi.

- I) Motorização: a cilindrada máxima permitida é de 2000cc
  - a) São permitidos todos os tipos de motores de série (sem qualquer alteração não especificamente autorizada no regulamento), de qualquer proveniência, com as seguintes excepções:
    - i) Todos os motores devem ser normalmente aspirados. Não é permitido o uso de sobrealimentação (turbo-compressores e super-compressores);
    - ii) A alimentação deve ser feita por carburadores, não é permitido o uso de motores com injeção;
  - b) Dentro do estipulado em Ia) todos os motores são permitidos uma vez que será o motor a determinar o peso mínimo do carro. Isso será feito pelos seguintes critérios:
    - i) O factor de conversão para achar o peso mínimo do carro é de:  
0.22 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros totalmente construídos em Portugal, e de 0.205 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros que não sejam totalmente construídos em Portugal (como por exemplo carros de outras classes adaptados para as regras Formula Tuga);

ii) As conversões utilizadas para obter a potência em Cavalos Din, caso o fabricante use outra unidade, devem ser as seguintes:

$$(1) 1 \text{ Cv (Din) (Cavalo Din)} = 1.36 \text{ KW (Kilowatt)}$$

$$(2) 1 \text{ Cv (Din) (Cavalo Din)} = 0.9861 \text{ Cv (SAE) (Cavalos SAE)}$$

A potência em Cavalos Din a ser usada na fórmula para obter o peso mínimo deverá ser arredonda à primeira casa decimal.

## II) Chassis

- a) O chassi deve ser de construção Tubular em aço;
- b) Apenas são permitidos painéis de reforço na zona do chão, na zona que divide o cockpit do berço do motor;
- c) Qualquer painel soldado, colado ou fixado ao carro através de rebites ou parafusos com uma distância entre si inferior a 18cm ou usando qualquer outro modo de fixação é considerado um painel de reforço;
- d) A área mínima livre do plano vertical de corte na longitude, em qualquer ponto do cockpit desde os pés do piloto até às costas do banco é de 700cm<sup>2</sup> com uma largura nunca inferior a 25cm. Esta área pode apenas ser invadida pela coluna de direcção;
- e) Não são permitidos quaisquer tubos de água ou óleo ligados ao motor na zona do cockpit;
- f) Os tubos do chassis não podem ser usados para a circulação de líquidos.

## III) Peso Mínimo

O peso mínimo do carro com o condutor a bordo e todo o equipamento pessoal em qualquer altura da prova é dado pela relação referida em Ib-i).

- a) 0.22 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros totalmente construídos em Portugal;
- b) 0.205 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros que não sejam totalmente construídos em Portugal.

## III) Segurança- Arco de Segurança

- a) Todos os carros devem ter pelo menos um arco de segurança para proteger o piloto em caso de capotamento;
- b) O arco de segurança deve ser simétrico em relação à linha longitudinal central do chassis e ter uma altura mínima de 90cm medida na vertical desde a base do habitáculo;
- c) O arco de segurança deve ter pelo menos um braço de reforço para trás na longitudinal com um ângulo nunca superior a 60 graus com a horizontal;
- d) Este braço deve possuir o mesmo diâmetro e espessura do arco de segurança;

- e) No caso de o arco de segurança possuir mais de um braço de reforço, o diâmetro mínimo de cada um destes braços pode ser reduzido para 26 mm sendo que a espessura mínima de cada um continua a ser a mesma do arco de segurança;
- f) No caso de haver pelo menos dois braços de reforço longitudinais ao arco de segurança, dois destes braços podem alternativamente estar virados para a frente desde que cumpram os parâmetros acima referidos;
- g) Deve haver uma largura mínima de 38 cm entre os dois lados do arco de segurança quando medido a uma altura de 60 cm da base do habitáculo;
- h) O arco de segurança deve incluir um tubo de reforço horizontal na direcção da largura do carro a ligar ambos os lados do mesmo que funcione como limitador traseiro do movimento da cabeça do piloto em caso de embate;
- i) O raio da curvatura do topo do arco de segurança não deve ser inferior a 10 cm quando medida a partir da linha central do tubo;
- j) O arco de segurança deve ainda ter pelo menos 5 cm de altura acima do topo do capacete do piloto quando este está sentado na sua posição normal de condução;
- k) Para cada valor de altura medida na vertical desde a base do habitáculo, o arco de segurança deve ser sempre mais largo que o corpo do piloto nessa mesma altura;
- l) O tubo utilizado na construção do arco de segurança deve respeitar as seguintes características:
  - i) Apenas pode ser usado tubo de secção circular;
  - ii) O material utilizado deve aço carbono estirado a frio sem costura;
  - iii) A resistência à tracção mínima do aço utilizado deve ser  $350 \text{ N/mm}^2$ ;
  - iv) As dimensões mínimas do tubo são 42.4 mm de diâmetro e 2.6 mm de espessura.

### **2.1.2 Restrições Físicas**

Este estudo é feito tendo em conta algumas restrições iniciais em que tem influência directa no desenvolvimento do chassi.

Inicialmente foi posto como critério o uso de um motor de automóvel, nomeadamente de um Fiat Uno-45s com uma cilindrada de  $1000\text{cm}^3$ . Este critério inicial vai ser fundamental para o estudo e desenvolvimento do chassi pois as características deste motor vão influenciar directamente a geometria do chassi.

## **2.2. Condições do desenvolvimento**

### **2.2.1 Torção**

A rigidez á torção é um factor muito importante pois vai influenciar o comportamento do carro. Quanto maior é a rigidez do chassi menor é a sua capacidade de torção. O efeito da torção sobre o chassi verifica-se durante toda a sua utilização, nomeadamente nas travagens acelerações, irregularidades do piso e subida de correctores, mas o ponto fundamental para um bom desempenho do chassi é o seu comportamento em curva, e é nesse momento que a rigidez á torção é fundamental. Quando o chassi não tem a rigidez adequada faz com que a geometria do chassi se altere e faz com que os seus componentes, nomeadamente os triângulos e a suspensão não trabalhem de acordo com o intuito com que foram projectadas, tornando assim o carro instável e por sua vez o piloto vai ter mais dificuldade em conduzi-lo.

### **2.2.2 Casos de Carga**

O regulamento imposto pela FPAK para o Troféu "Single Seater" Formula Tuga-2013 não pormenoriza quais os testes de carga que devem ser impostos ao chassi ou ao arco de segurança, de modo a garantir os valores mínimos que estes devem de suportar. Foi necessário consultar outro regulamento, referente a "single seaters". Este regulamento pode se consultado no Anexo B "Formula Ford Zetec Technical Regulations".

Este regulamento obriga a que o arco de segurança seja construído num aço carbono, com uma tensão de ruptura mínima de 350MPa, tem que ser estirado a frio e sem costura.

Este também obriga a que o arco de segurança suporte uma carga vertical de 4500Kg, uma carga lateral de 900Kg e uma carga frontal ou traseira de 3300Kg.

### **2.2.3 Peso Próprio**

O peso próprio é um factor muito importante a ter em conta no estudo e desenvolvimento do chassi, pois quanto mais leve este for melhor vai ser o seu comportamento e mais rápido será o carro em circuito.

Mas contudo o regulamento que impõem um peso mínimo que é calculado em função da potência do motor utilizado e do peso do piloto, como tal é necessário encontrar um compromisso de tal forma que a prestação do formula não seja posta em causa e que respeite o regulamento em vigor, como se pode verificar no ponto 2.1.1.

### 3. Design

#### 3.1. Conceitos do projecto

##### 3.1.1. Primeiro Esboço

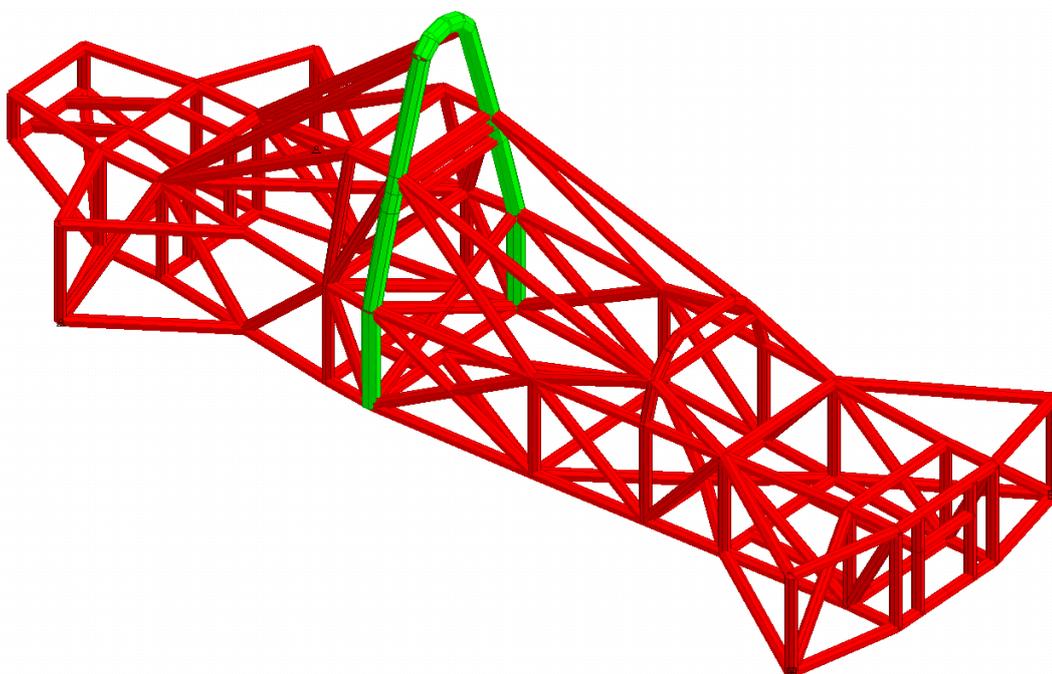


Figura 8 - Primeiro esboço do chassi Spartan

Este chassi é o primeiro esboço e tem por base o chassi Gloria B4. Como principal diferença, são os travamentos do arco de segurança e o próprio arco de segurança.

Neste caso, o arco é simétrico relativamente ao eixo longitudinal do chassi. Começa na base do chassi, tendo de altura 100cm. O raio de curvatura superior é de 10cm. O tubo tem 45 mm de diâmetro e 2.5mm de espessura.

Os travamentos do arco são simétricos e fazem um ângulo com a horizontal inferior a 60° conforme previsto no regulamento. O tubo destes tem um diâmetro de 30mm e uma espessura de 1.5mm. Estes travamentos estão ligados na zona traseira do chassi, num local onde este esteja bastante reforçado de modo a suportar os casos de carga pré-definidos no regulamento.

### 3.1.2. Escolhas Finais para o chassi

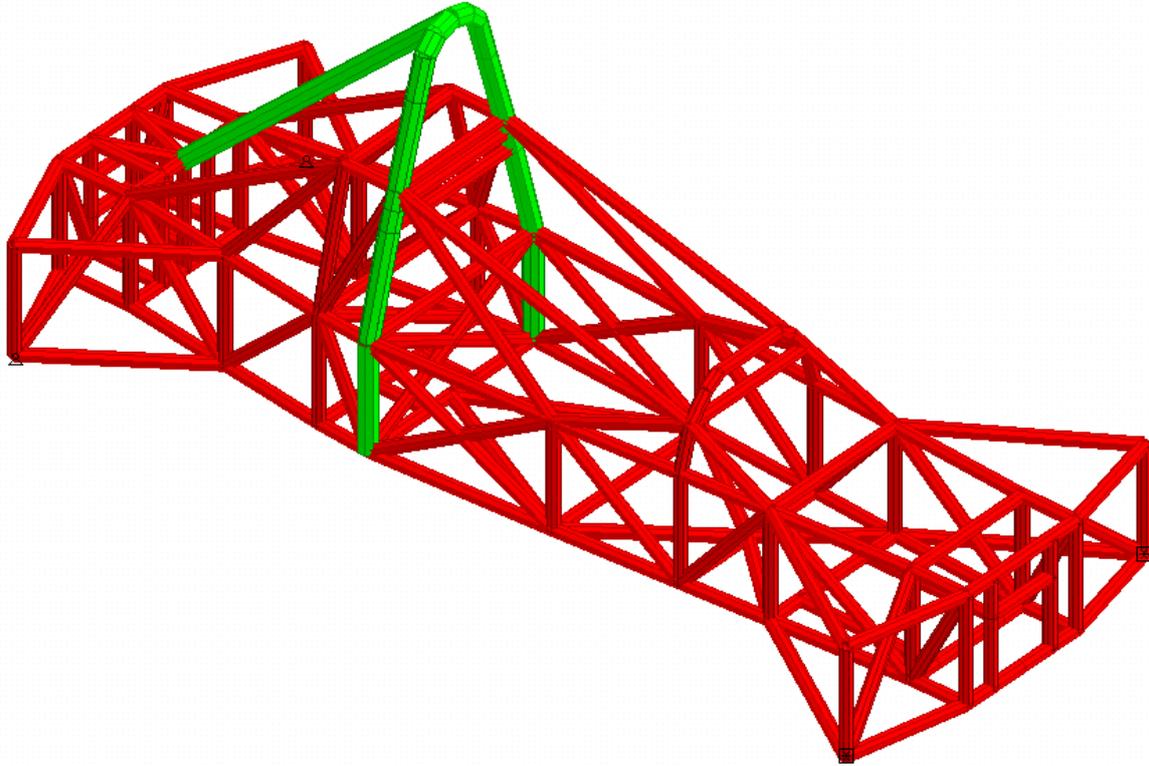


Figura 9 - Chassi Spartan evolução final

O chassi apresentado na figura 9, é a versão final, após várias alterações, de modo a obter o chassi mais leve e com uma rigidez torsional mais elevada comparativamente com o chassi Gloria B4.

Deste modo pode-se verificar que o arco de segurança mantém-se simétrico relativamente ao eixo longitudinal do chassi, o diâmetro manteve-se em 45mm e espessura de 2.5mm.

A grande alteração é ao nível dos travamentos do arco de segurança, pois deixaram de ser dois para ser apenas um com diâmetro e espessura igual ao do arco de segurança. Este travamento, numa das suas extremidades é fixo ao topo do arco de segurança e a outra extremidade é fixa na zona traseira do chassi, mas ao contrário da versão anterior, e fixa a meio do chassi.

Esta zona, toda ela está reforçada, pois além de ser a zona onde o motor vai ser incorporado, é nesse local onde vai ser absorvidos os esforços aplicados ao arco de segurança.

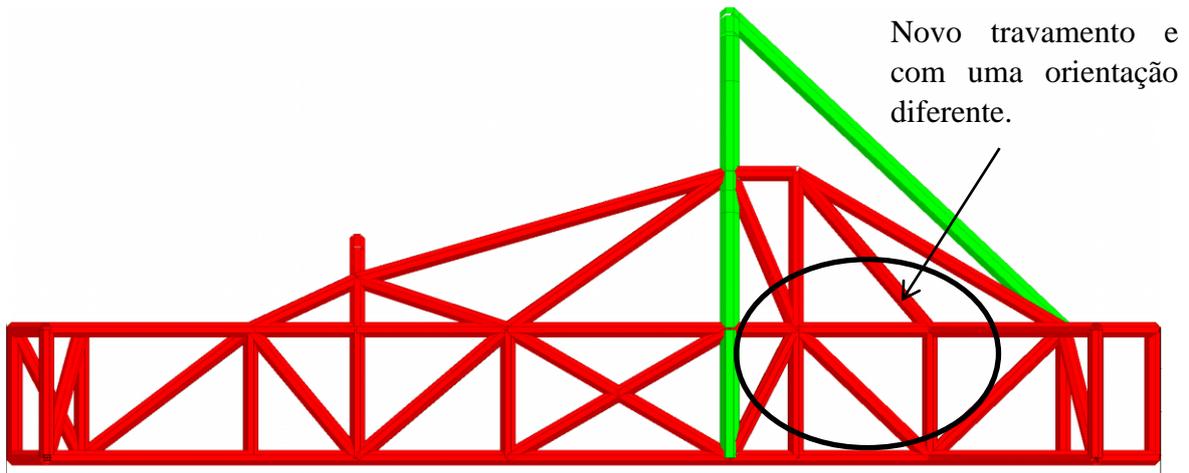


Figura 10 – Vista lateral do chassi Spartan evo 2

Como no regulamento dos formulas "single seater" não prevê o uso de spoilers traseiros, toda a estrutura do chassi que o iria suportar foi retirada, o que por sua vez diminuiu o seu peso próprio.

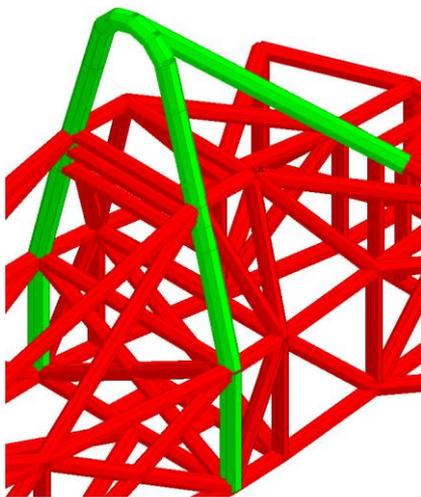


Figura 11 – Zona do arco de segurança e zona do depósito de combustível

O braço de travamento do arco com colocação central.

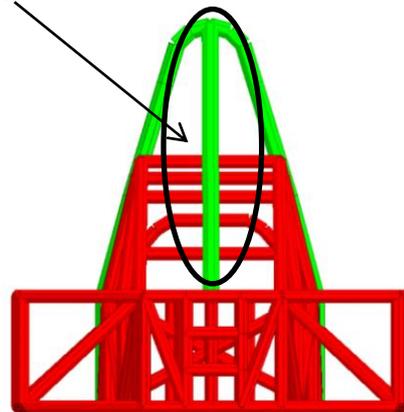


Figura 12 – Vista traseira do Chassi Spartan evo 2



Figura 13 – Vista de topo do chassi Spartan evo 2

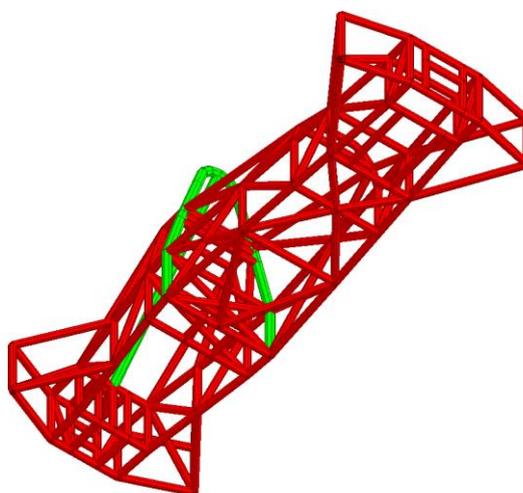


Figura 14 – Vista inferior do chassi Spartan evo 2

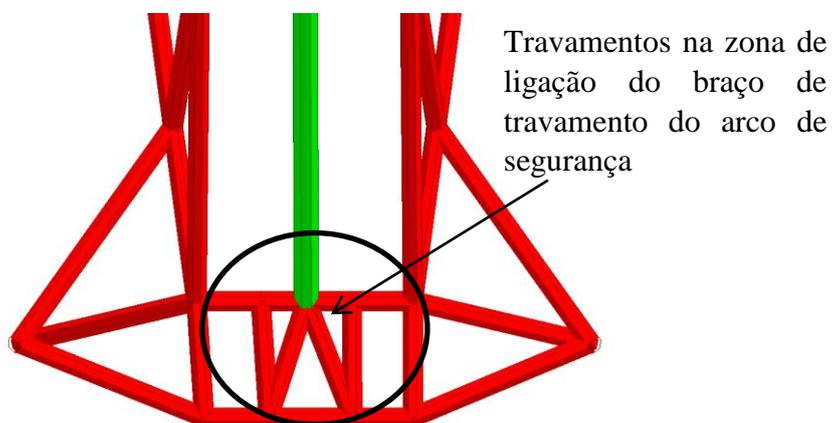


Figura 15 – Plano de pormenor da zona de ligação do braço de travamento do arco de segurança

#### 4. Validação do Multiframe

Antes de se proceder à análise efectiva do chassi, ao nível dos momentos flectores aplicados e deslocamento, é necessário validar e aprender a trabalhar com o programa através de alguns casos simples, que possam ser calculados também analiticamente e desta forma obter um valor teórico de referência.

O caso escolhido para efectuar a validação, é um tubo de perfil cilíndrico (fig.16), já que este caso em particular engloba Tensões de Corte, Tensões Normais, Momentos Torçores e Momentos Flectores que por sua vez possibilita o cálculo da flecha.

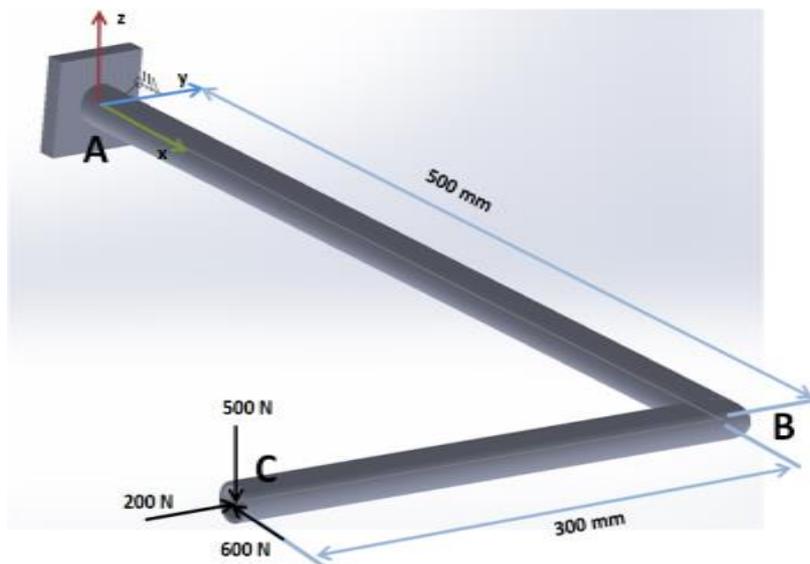


Figura 16 - Caso de Validação.

Tabela 1 - Dados do Tubo para validação

Nomenclatura	Nome	Valor	Unidades
G	Módulo de Corte	$80 \cdot 10^9$	Pa
E	Módulo Young	$210 \cdot 10^9$	Pa
Dext	Diâmetro exterior	28	mm
Dint	Diâmetro interior	25	mm

- Esforços:

Tabela 2 - Esforços resultantes

Nomenclatura	Nome	Valor	Unidades
<b>V<sub>x</sub></b>	Esforço em xx	-600	N
<b>V<sub>y</sub></b>	Esforço em yy	200	N
<b>V<sub>z</sub></b>	Esforço em zz	-500	N
<b>M<sub>x</sub></b>	Momento Torsor	150	N.m
<b>M<sub>y</sub></b>	Momento em zz	250	N.m
<b>M<sub>z</sub></b>	Momento em zz	-80	N.m

- Momentos de Inércia e Polar

$$I = \frac{\pi}{64} * (d_{ext}^4 - d_{int}^4) = \frac{\pi}{64} * (28^4 - 25^4) = 10997.1 \text{ mm}^4$$

$$I_p = 2 * I = 21999.19 \text{ mm}^4$$

$$A = \pi * (r_{ext}^2 - r_{int}^2) = \pi * (14^2 - 12.5^2) = 124.88 \text{ mm}^2$$

$$M_R = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} = \sqrt{250^2 + 80^2} = 262.48 \text{ N.m}$$

$$\tau_{xy} = \frac{M_T * r}{I_p} = \frac{150 * 14 * 10^3}{21999.19} = 95.479 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{xx} = \frac{M_R * r}{I} = \frac{262.48 * 14 * 10^3}{10997.1} = 334.15 \text{ MPa}$$

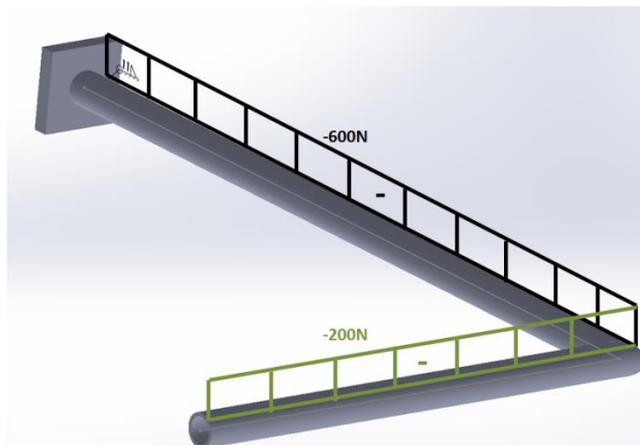


Figura 17 - Diagrama dos Esforços Normais

➤ Barra AB

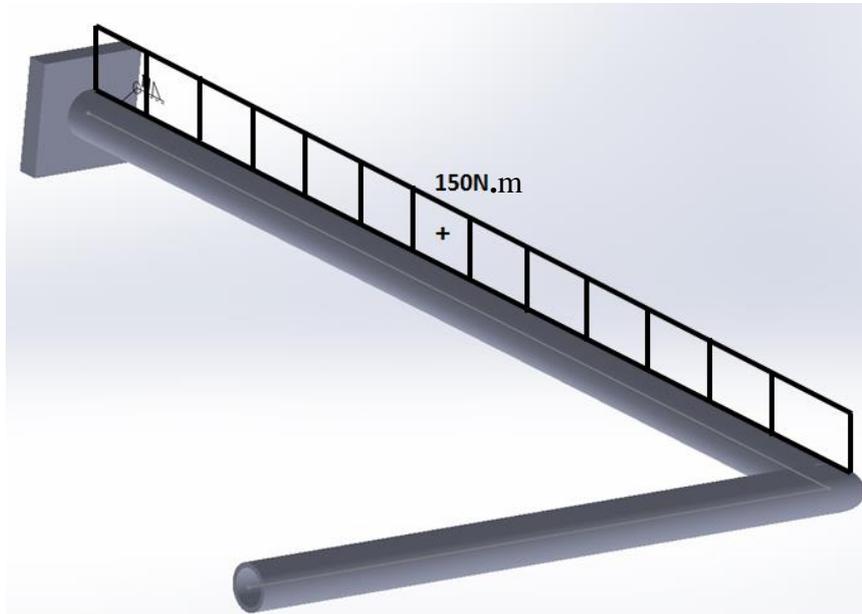


Figura 18 - Diagrama de esforços devido ao Momento Torsor

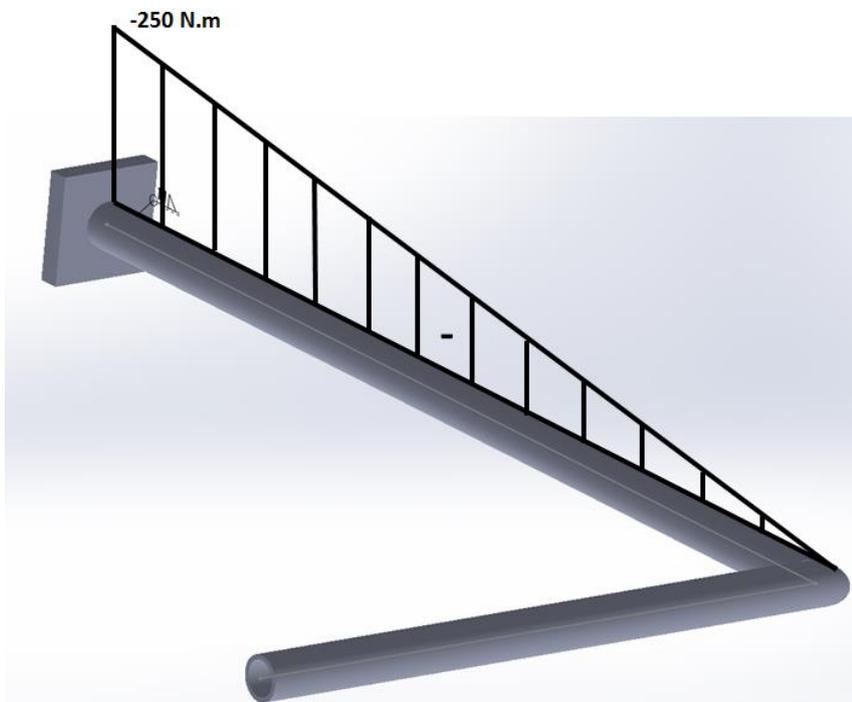


Figura 19 - Diagrama de esforços devido a Momento Flector em y

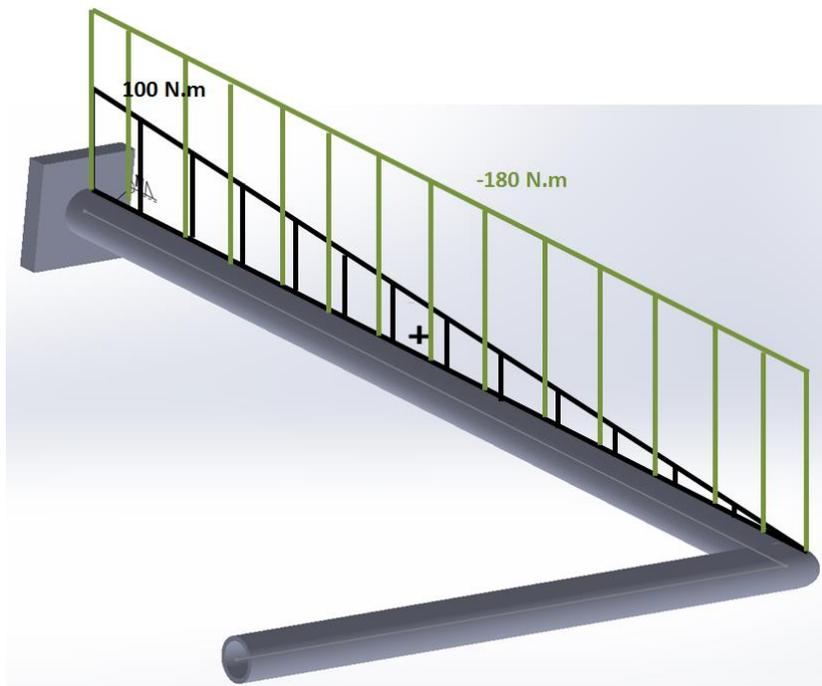


Figura 20 - Esforços na Barra AB devido ao Momento Fletor em z

➤ Barra BC

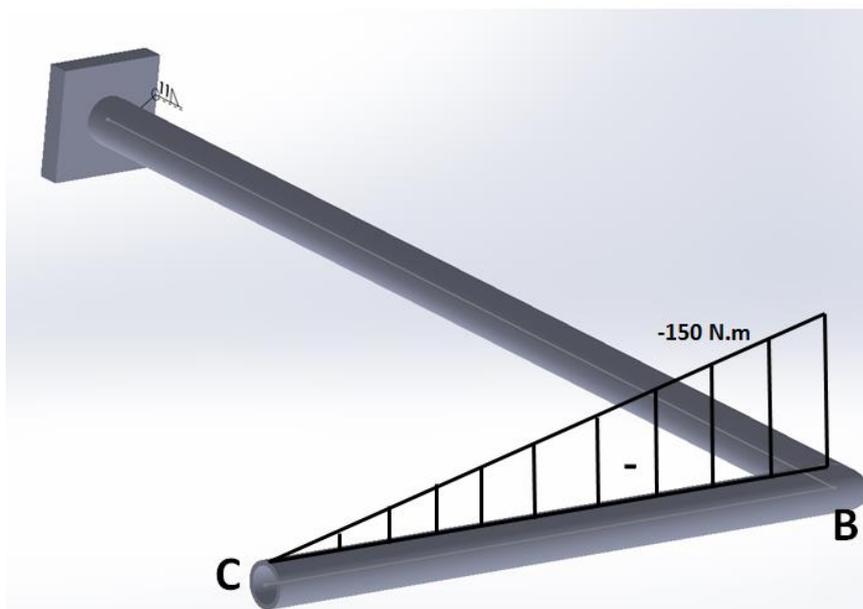


Figura 21 - Esforços na Barra BC devido ao Momento Fletor em y

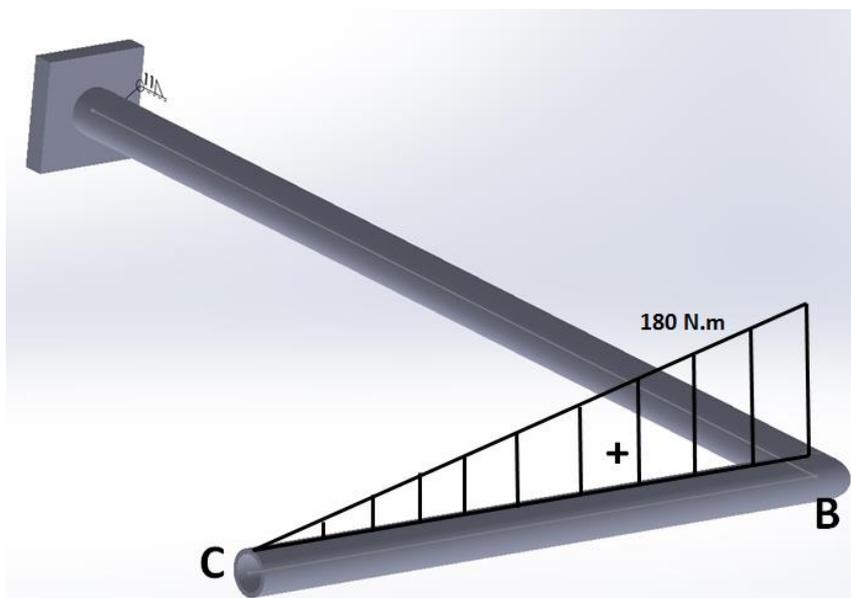


Figura 22 - Esforços na Barra BC devido ao Momento Fletor em z

- Método da Carga Unitária

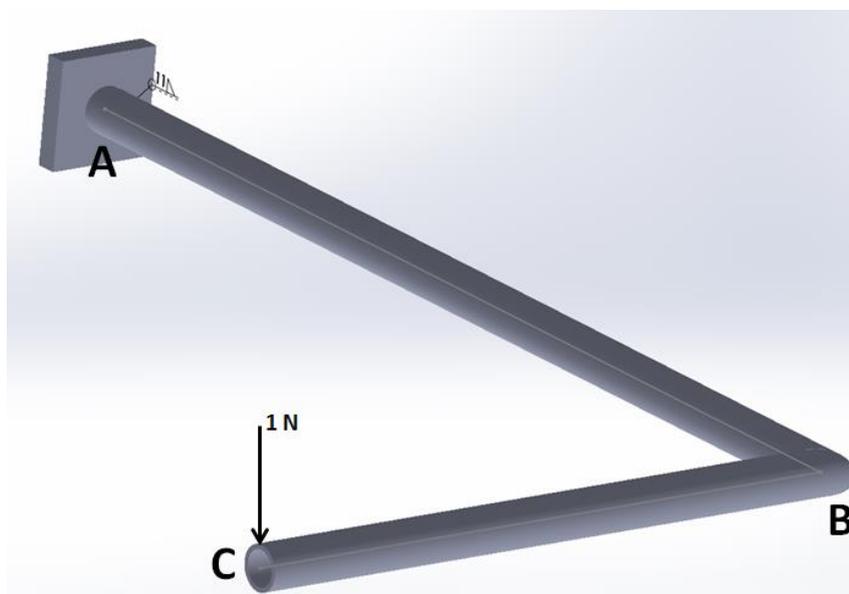


Figura 23 - Aplicação da Carga Unitária

➤ Barra AB

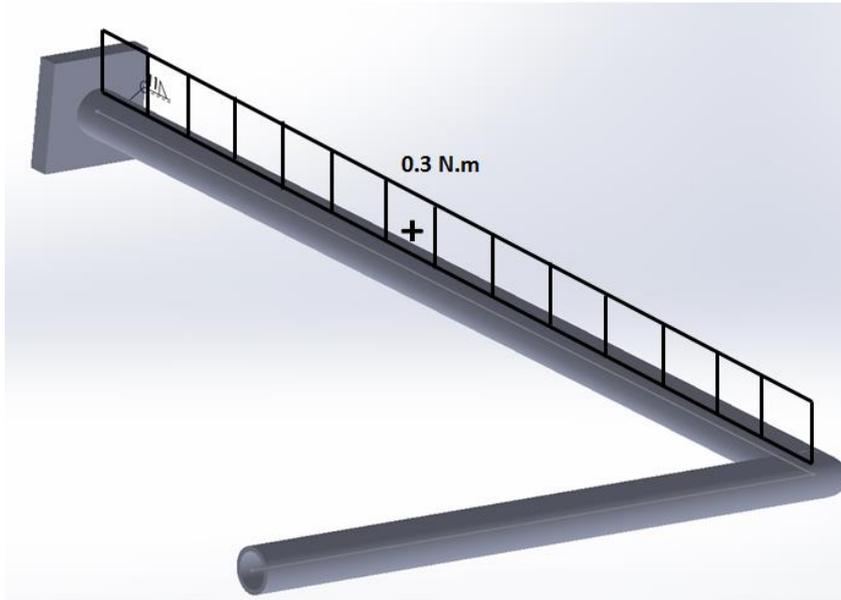


Figura 24 - Esforços devidos ao Momento Torsor

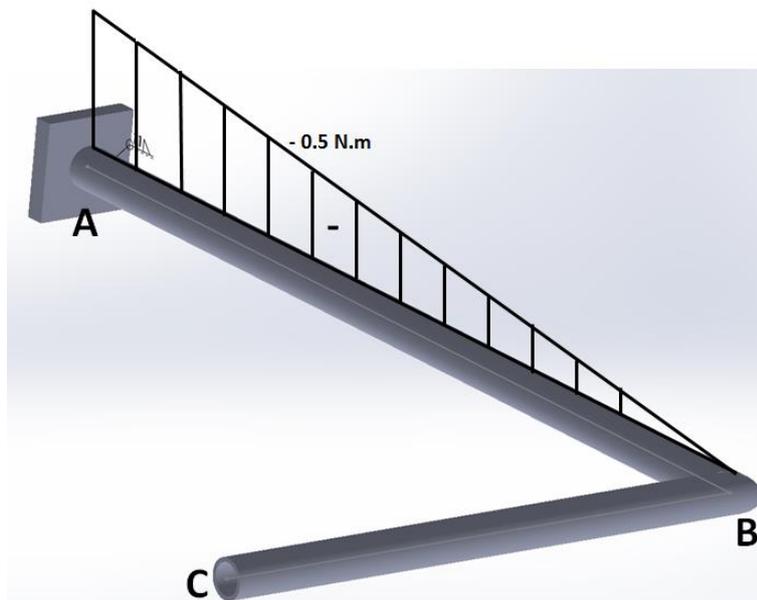


Figura 25 - Esforços na barra AB devido a Momento Flector em Y

➤ Barra BC

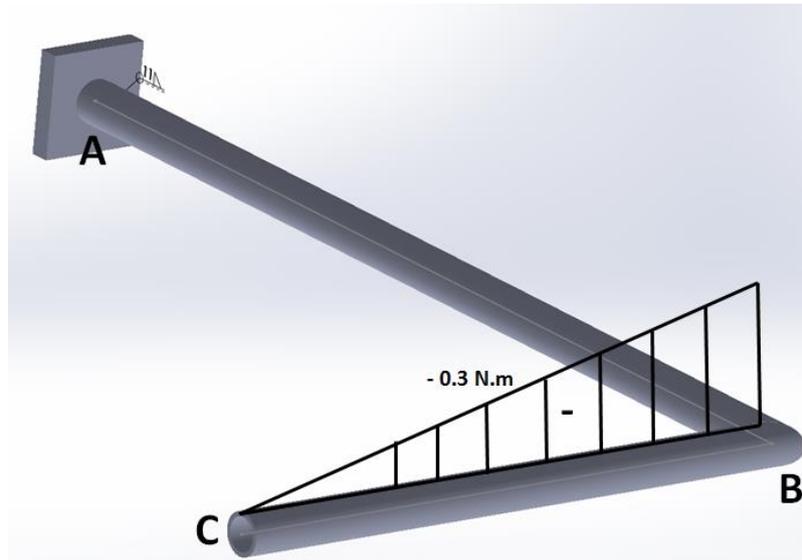


Figura 26 - Esforços na barra CB devido a Momento Flector em Y

$$\delta_c^V = \int_B^C \frac{M^0 * \bar{M}}{EI} * dl + \int_B^A \frac{M^0 * \bar{M}}{EI} * dl + \int_A^B \frac{M_t^0 * \bar{M}_t}{G * I_p} * dl$$

$$\delta_c^V = \frac{abl}{G * I_p} + \frac{abl}{3 * E * I} + \frac{abl}{3 * E * I}$$

$$= \frac{150 * 0.3 * 0.5}{3 * 80 * 10^3 * 21994.19} + \frac{(-250) * (-0.5) * 0.5}{3 * 210 * 10^9 * 10997.1} + \frac{(-150) * (-0.3) * 0.3}{3 * 210 * 10^9 * 10997.1}$$

$$\delta_c^V = 0.01278 + 0.009021 + 0.001948 = 0.02375 \text{ m} = 23.75 \text{ mm}$$

O valor teórico obtido para a flecha segundo o eixo dos zz tem um valor de 23.75mm

- Valores Obtidos pelo Multiframe

Tabela 3 - Dados técnicos do tubo utilizado no Multiframe®

Nomenclatura	Nome	Valor	Unidades
<b>G</b>	Módulo de Corte	$80 \cdot 10^9$	Pa
<b>E</b>	Módulo Young	$210 \cdot 10^9$	Pa
<b>Dext</b>	Diâmetro exterior	28	mm
<b>Dint</b>	Diâmetro interior	25	mm
<b>A</b>	Área	124.878	mm <sup>2</sup>

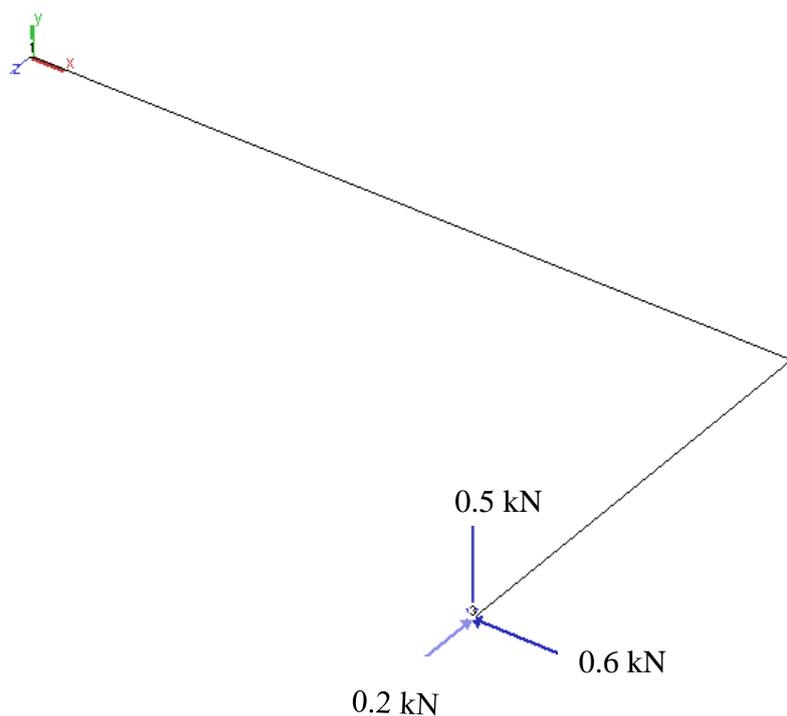


Figura 27 - Eixos e Forças concentradas utilizadas na validação em kN

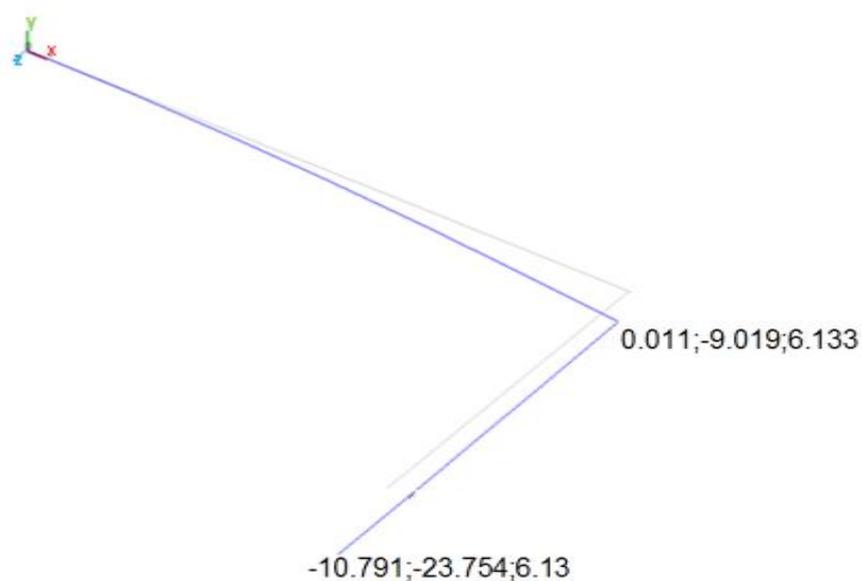


Figura 28 - Valores obtidos para a flecha segundo o Multiframe

Tabela 4 - Valores Obtidos Pelo Multiframe® para a flecha

Ponto	Deslocamento segundo x [mm]	Deslocamento segundo y [mm]	Deslocamento segundo z [mm]
<b>A</b>	0	0	0
<b>B</b>	-0.011	-9.019	6.133
<b>C</b>	-10.791	-23.754	6.130

Como se pode verificar pelos resultados obtidos na tabela 4, o valor da flecha segundo o eixo dos yy para o ponto 3, é coincidente com o valor obtido analiticamente.

Desta forma pode-se garantir que ambos os métodos dão garantia de resultados fiáveis e fidedignos, podendo assim fazer uma análise aos chassis em estudo, sabendo que os resultados obtidos são fidedignos.

Tabela 5 – Valores obtidos pelo Multiframe® para os Momentos e Tensões

Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]	Momento de Inércia Polar [mm <sup>4</sup> ]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Ponto	Px [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kN.m]	My [N.m]	Mz [N.m]	MR [N.m]	Tensão Normal [MPa]	Tensão Corte [MPa]
13673.73	27347.47	134.30	A	0.6	0.5	0.2	-150	80	250	262,49	334,16	-95,48
13673.73	27347.47	134.30	B	-0.6	-0.5	-0.2	150	-180	0	180,00	229,15	95,48
13673.73	27347.47	134.30	C	0.2	0.5	-0.6	0	0	0	0,00	0,00	0,00

Como se pode verificar pela tabela 5, os valores obtidos pelo programa Multiframe®, são iguais aos valores obtidos analiticamente.

O valor obtido para o momento flector resultante, é igual ao valor obtido analiticamente, tal como os valores das tensões de corte e normal.

Como não poderia deixar de ser, já que todas as variáveis, diâmetro, espessura do tubo, esforços aplicados, são iguais em ambos os métodos de cálculo.

Desta forma pode-se validar a utilização do programa de modo a garantir que a sua aplicação é a correcta.

## 5. Análise estrutural do Chassi

### 5.1. Glória B4

O aço escolhido para a estrutura do chassi e arco, é o aço 42CrMo4 (ficha técnica do aço pode ser consultada em anexo (Anexo D). Este aço é caracterizado por uma elevada percentagem em carbono de 0.42% em que a sua Tensão de deformação elástica, para um diâmetro inferior a 40mm, é de 750MPa.

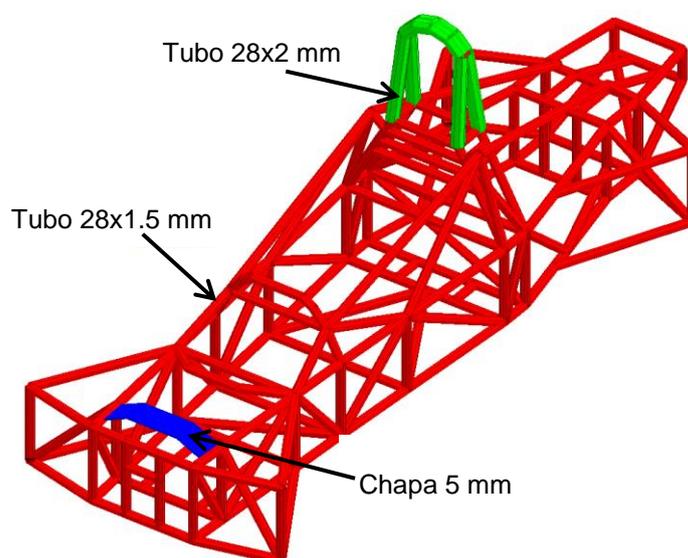


Figura 29 - Chassi Gloria B4

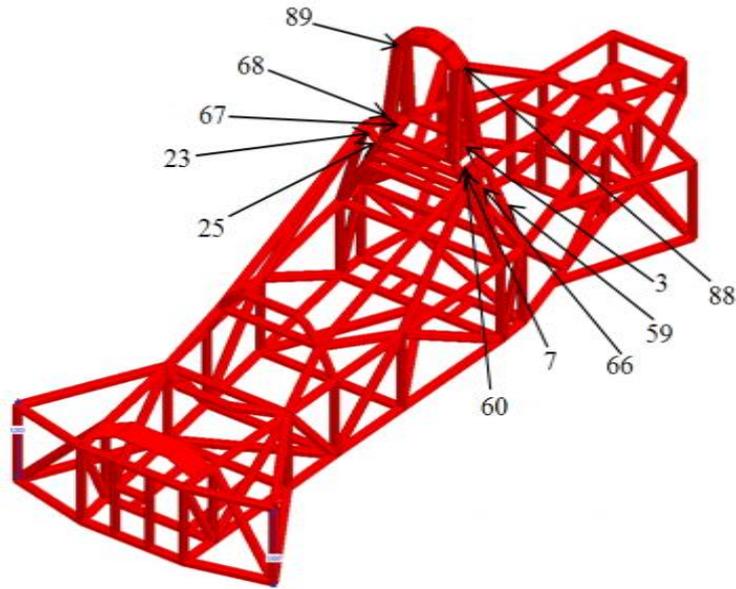


Figura 30 - Chassi Gloria B4 e a numeração de alguns elementos

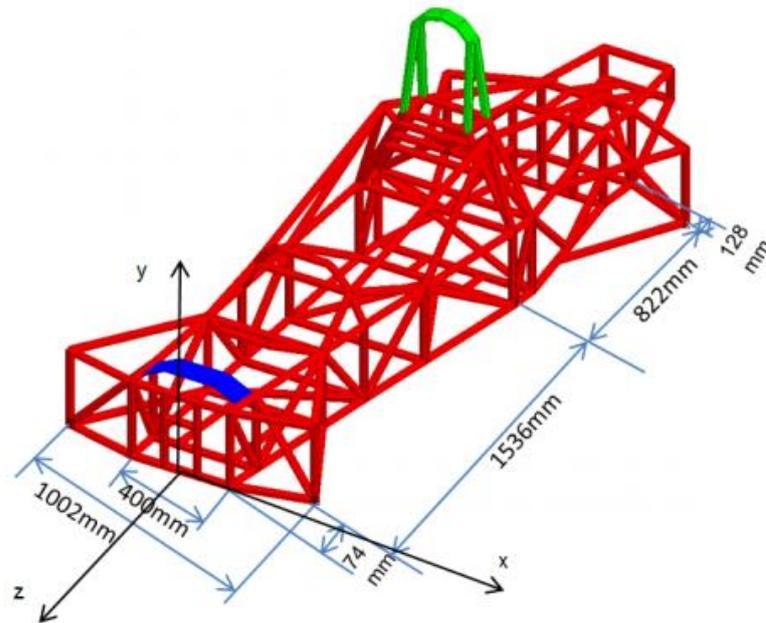


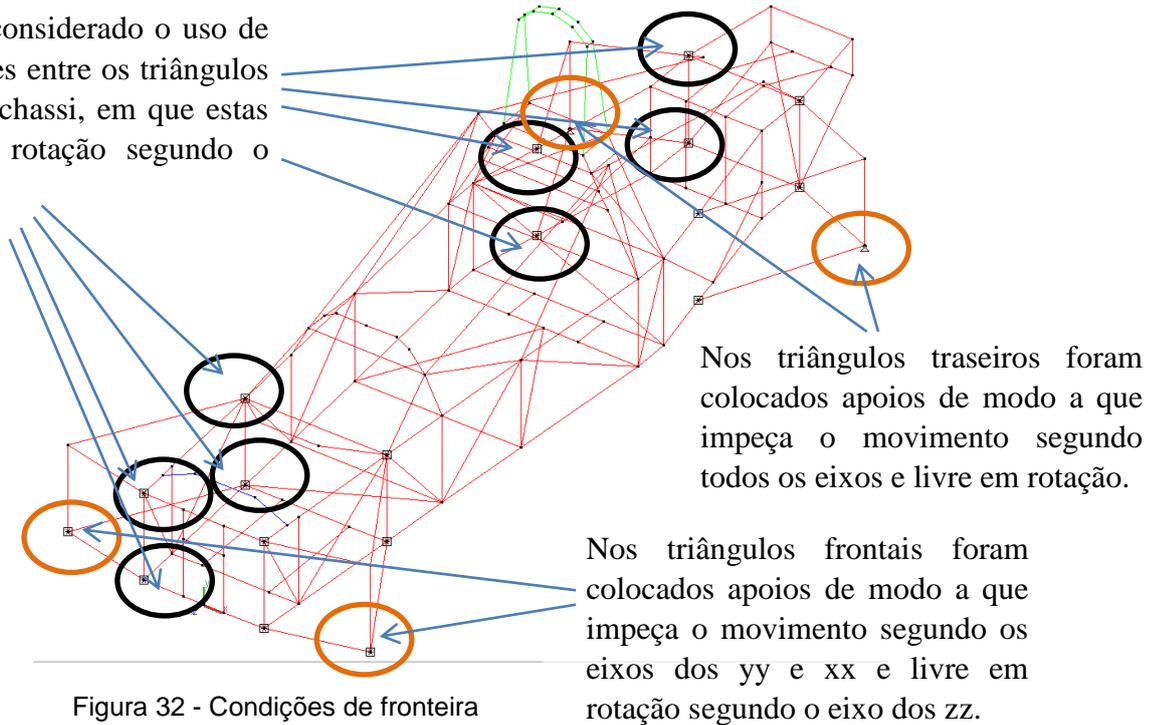
Figura 31 – Dimensões base do chassi Gloria B4

Nos casos de carga a seguir demonstrados, como se pode verificar na figura 32, o chassi está apoiado nos triângulos frontais e traseiros.

Nos triângulos frontais o chassi é impedido de se movimentar segundo o eixo dos  $yy$  e  $xx$ , estando livre em rotação e segundo o eixo dos  $zz$ .

Nos triângulos traseiros o chassi é impedido de se movimentar segundo o eixo dos  $yy$ ,  $xx$  e  $zz$ , estando livre em rotação.

Neste estudo foi considerado o uso de rótulas nas ligações entre os triângulos de suspensão e o chassi, em que estas apenas permitem rotação segundo o eixo dos zz.



### 5.1.1.Casos de Carga

#### 5.1.1.1. Carga Frontal Negativa

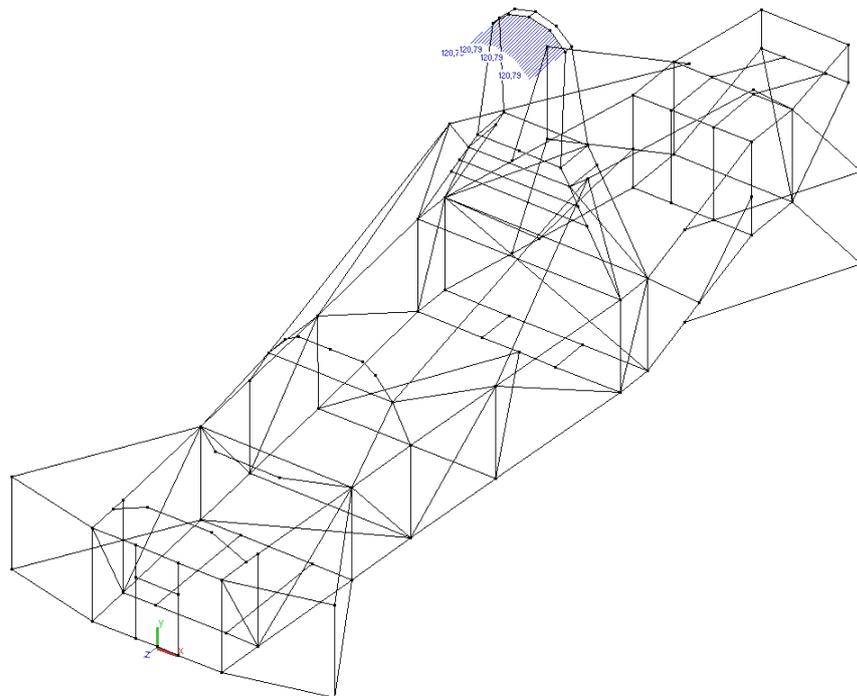


Figura 33 - Aplicação de Uma Carga Frontal Negativa de  $-32373$  N no arco de segurança

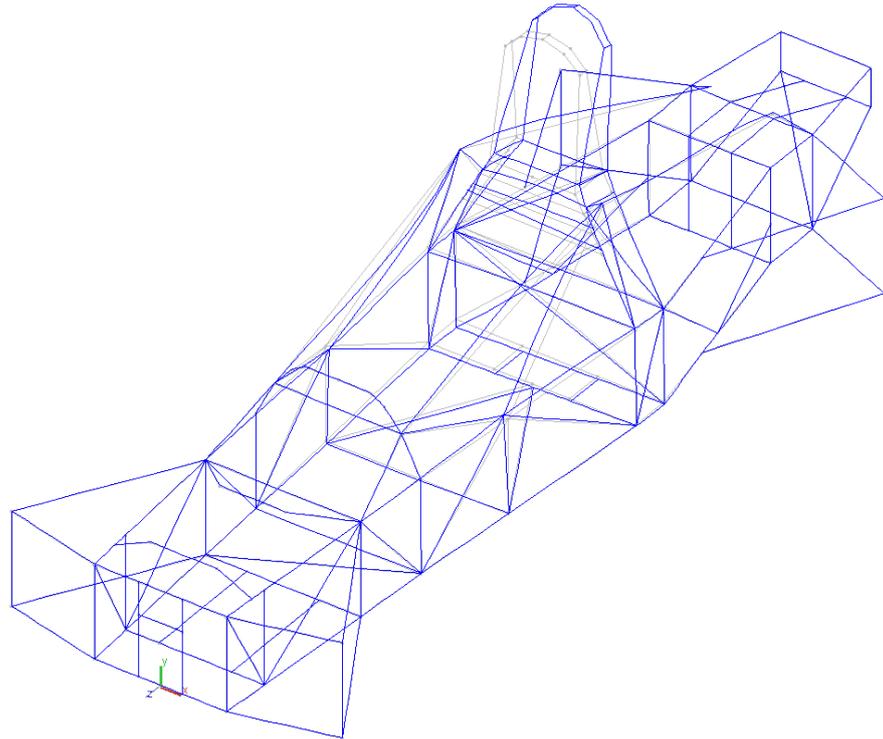


Figura 34 - Deformada devido á Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança

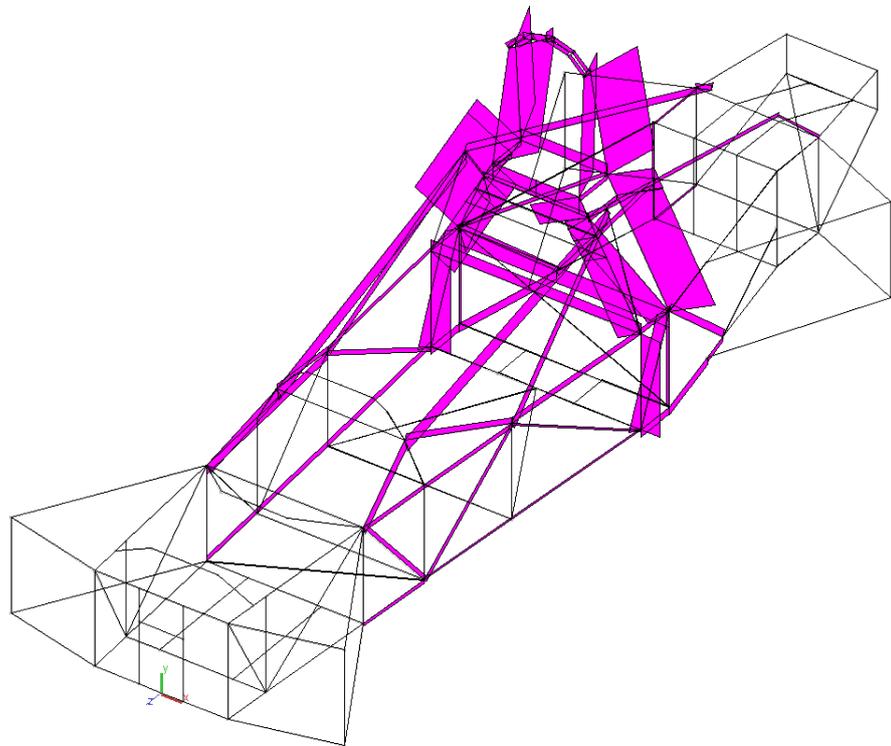


Figura 35 - Esforço Px em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança

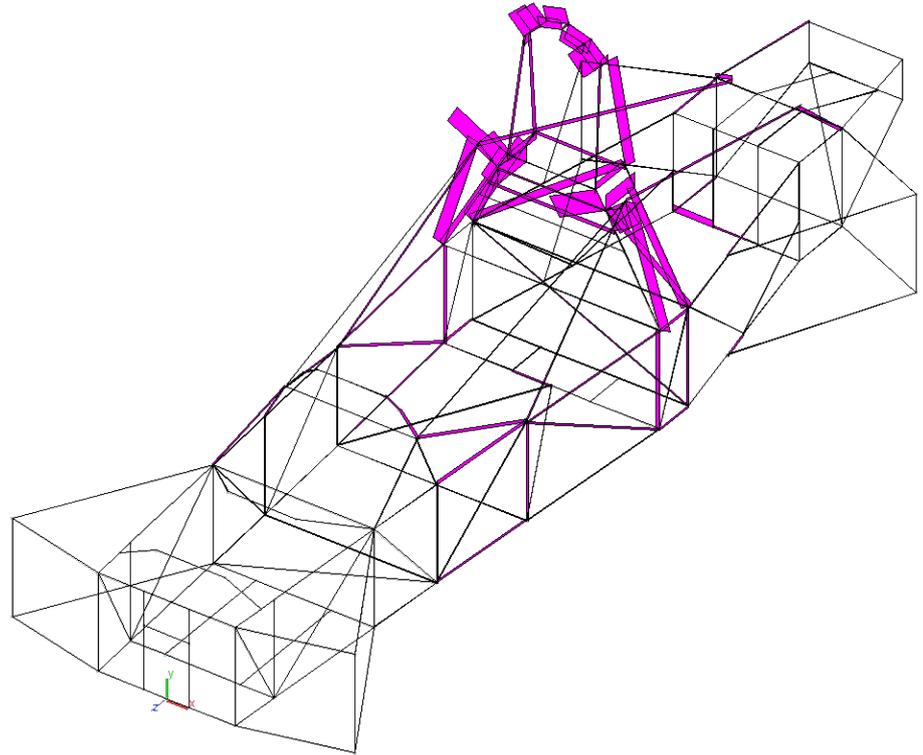


Figura 36 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança

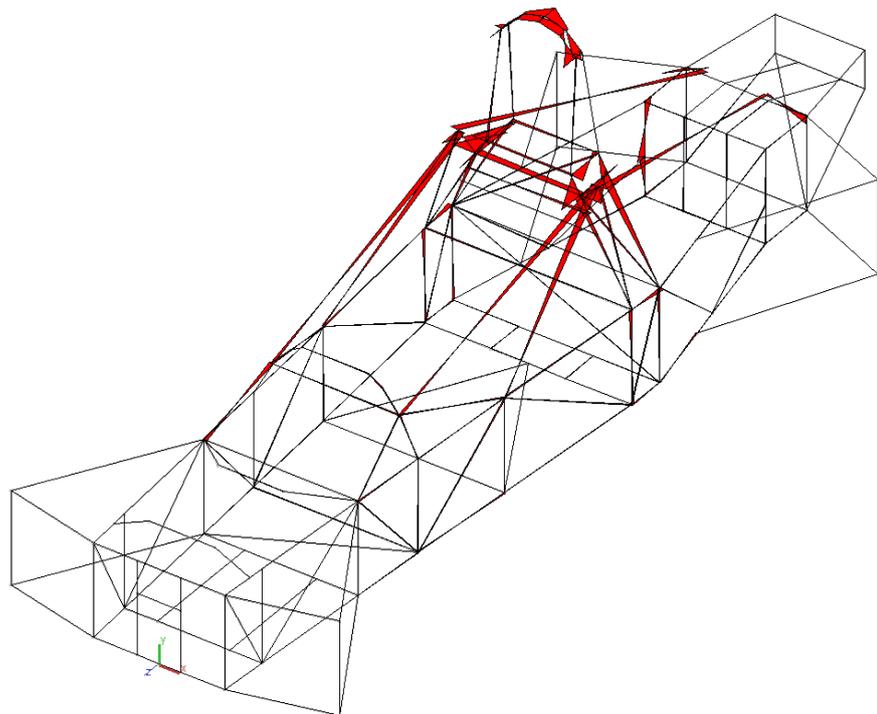


Figura 37 - Esforço  $M_y$  em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança

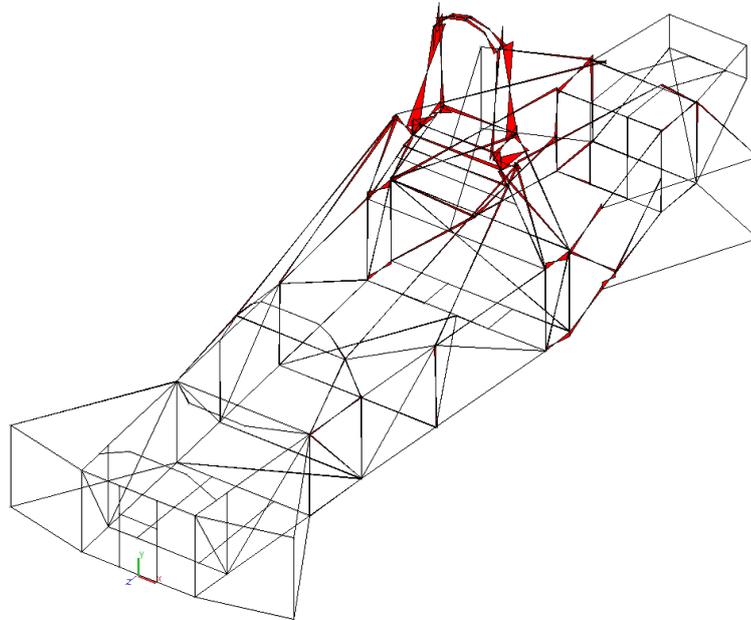


Figura 38 - Esforço Mz em função da Carga Frontal Negativa aplicada

Tabela 6 - Resultados obtidos para o chassi Gloria B4 no caso de Carga Frontal Negativa de 32373 N

Gloria B4 Carga Frontal Negativa														
Gloria B4—28x2—28x1,5(chassi)														
Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]	Momento de Inércia Polar [mm <sup>4</sup> ]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Elemento	Nó	Px [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kN.m]	My [kN.m]	Mz [kN.m]	Mf (total) [KN.m]	τxx [Mpa]	τxz [Mpa]	τeq Tresca [Mpa]
10997,10	21994,19	124,88	7	6	3,45	6,50	-24,48	-0,14	1,31	0,31	1,34	1858,26	-97,53	1868,47
10997,10	21994,19	124,88	25	20	-1,76	4,39	-25,14	-0,15	-1,36	-0,17	1,37	1847,78	-105,03	1859,68
10997,10	21994,19	124,88	60	6	54,15	-3,66	12,11	0,34	0,63	-0,02	0,63	1294,52	231,88	1375,08
10997,10	21994,19	124,88	67	20	-4,41	3,54	-5,84	-0,11	0,63	0,42	0,76	999,01	-75,70	1010,42
10997,10	21994,19	124,88	66	6	-5,04	3,31	5,04	0,10	-0,54	0,39	0,67	868,38	67,52	878,81
10997,10	21994,19	124,88	25	70	1,76	-4,39	25,14	0,15	-0,56	-0,17	0,59	814,95	105,03	841,59
10997,10	21994,19	124,88	7	68	-3,45	-6,50	24,48	0,14	0,56	0,19	0,59	782,01	97,53	805,97
13885,84	27771,68	163,36	89	46	3,85	-44,98	-8,34	-0,06	0,17	-0,70	0,72	799,09	-31,33	801,54
13885,84	27771,68	163,36	88	43	3,94	-46,30	7,53	0,04	-0,16	-0,70	0,71	795,45	23,77	796,87
10997,10	21994,19	124,88	23	16	26,29	4,07	-13,45	-0,37	-0,18	-0,21	0,28	588,55	-249,61	771,76
10997,10	21994,19	124,88	23	20	-26,29	-4,07	13,45	0,37	-0,58	-0,02	0,58	586,66	249,61	770,32
10997,10	21994,19	124,88	68	38	48,97	6,96	3,71	0,00	-0,22	0,12	0,25	732,64	2,73	732,66
10997,10	21994,19	124,88	59	36	51,40	0,10	0,69	-0,05	-0,20	0,05	0,21	693,47	-36,15	697,22
10997,10	21994,19	124,88	3	3	51,88	-6,06	-4,36	0,01	0,02	-0,20	0,20	685,16	4,09	685,21
10997,10	21994,19	124,88	32	24	-3,74	0,24	-5,90	-0,02	-0,52	0,02	0,52	676,97	-12,96	677,47
13885,84	27771,68	163,36	84	2	46,38	1,98	0,08	-0,04	0,01	-0,35	0,35	666,55	-19,44	667,68
13885,84	27771,68	163,36	85	47	46,63	1,95	-0,02	0,06	0,00	0,32	0,32	626,85	33,49	630,41
13885,84	27771,68	163,36	72	46	44,50	-2,13	-0,29	0,01	-0,04	0,33	0,33	629,94	5,94	630,06
13885,84	27771,68	163,36	88	47	-3,94	46,30	-7,53	-0,04	-0,06	-0,60	0,60	625,75	-23,77	627,55
13885,84	27771,68	163,36	71	17	44,39	-1,81	0,04	-0,05	0,01	-0,31	0,31	602,35	-25,39	604,49
13885,84	27771,68	163,36	89	50	-3,85	44,98	8,34	0,06	0,06	-0,56	0,57	587,20	31,33	590,53

Neste caso de carga, foi aplicada uma carga frontal mas no sentido negativo do eixo dos zz.

Esta carga é uma carga distribuída ao longo do topo do arco de segurança de modo a criar uma situação mais realista possível.

Como se pode verificar pela tabela 6, a tensão de cedência do aço utilizado nos tubos é largamente ultrapassada em todos os elementos que se encontram na zona do arco de segurança, como é demonstrado na figura 30.É de referir que o programa utilizado neste estudo, Multiframe®, faz a análise estrutural no regime linear elástico, é por esse motivo que a tensões ultrapassam o valor da tenção de cedência do aço utilizado.

5.1.1.2. Carga Frontal Positiva

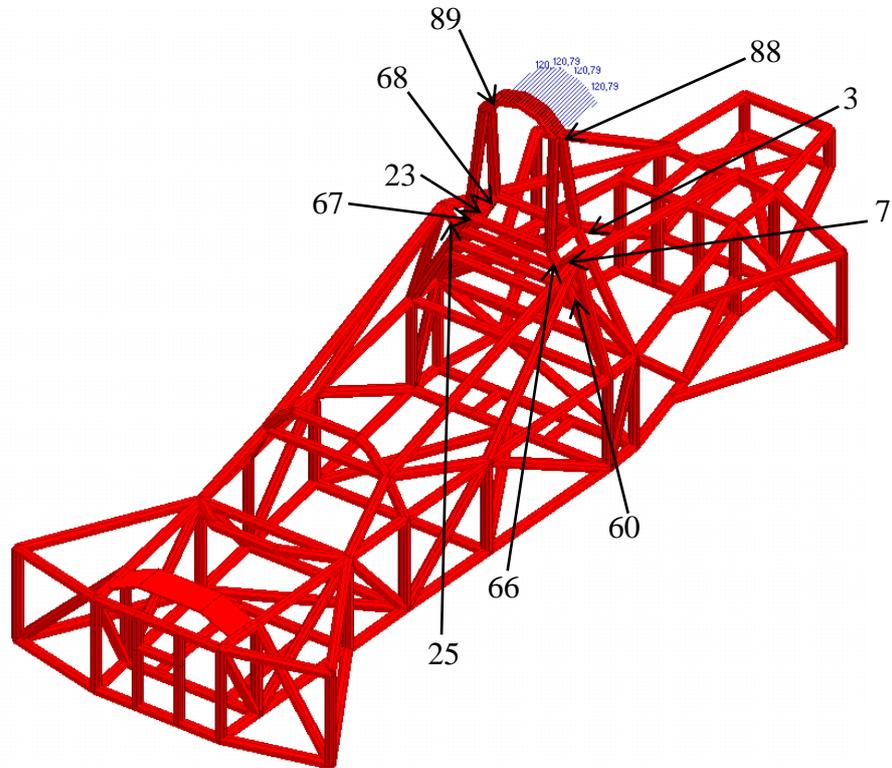


Figura 39 - Aplicação de Uma Carga Frontal Positiva de 32373N no arco de segurança

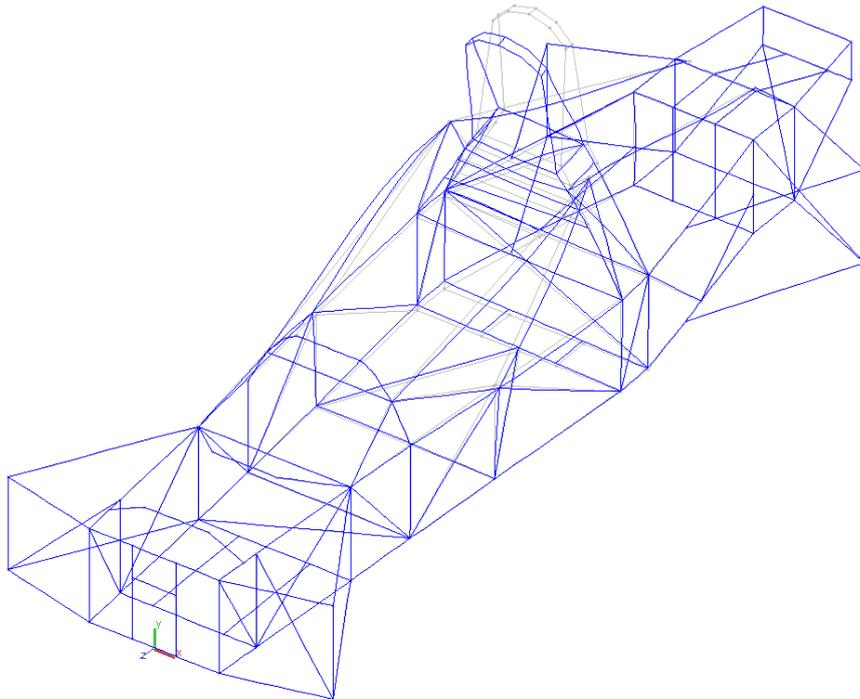


Figura 40 - Deformada devido á Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

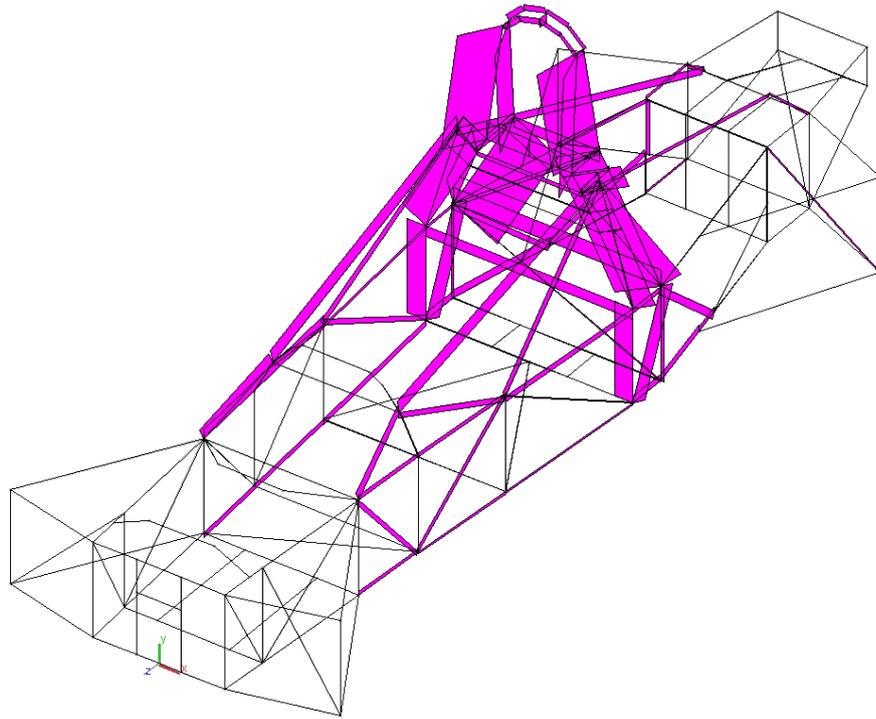


Figura 41 - Esforço Px em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

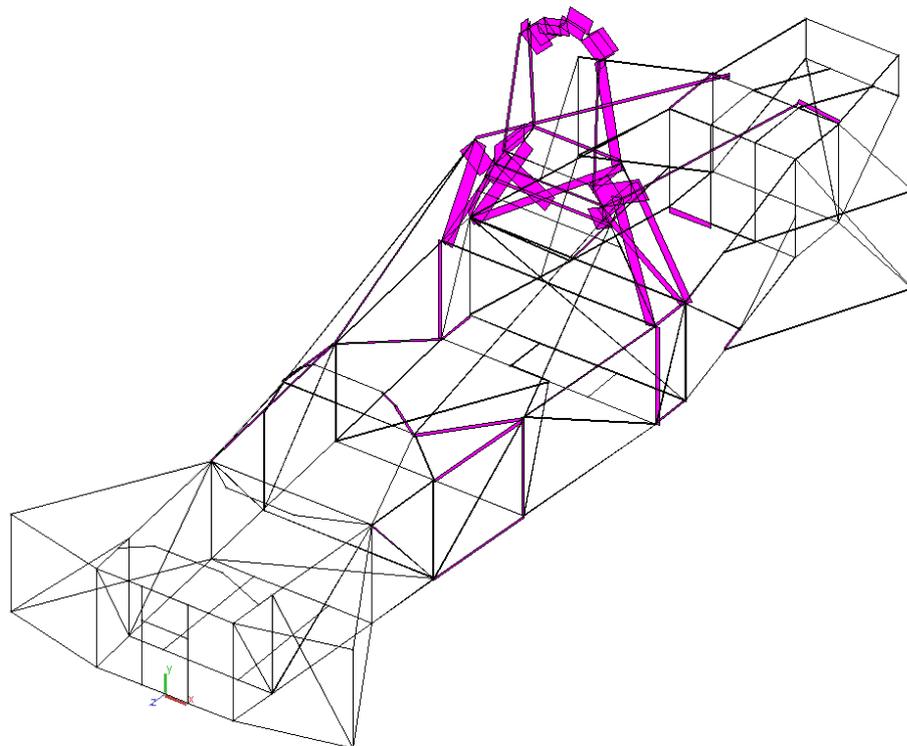


Figura 42 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

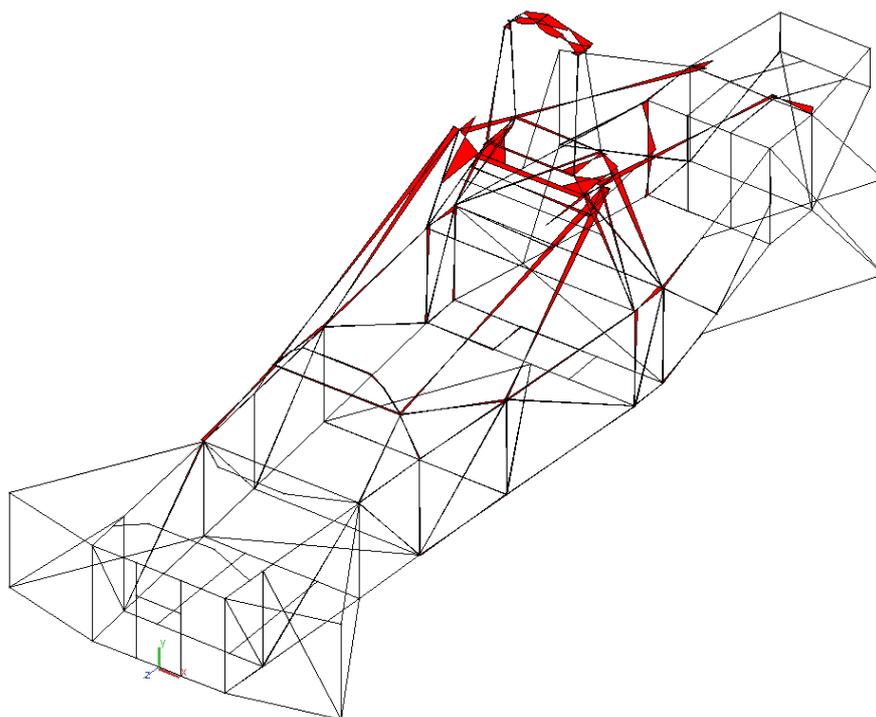


Figura 43 - Esforço  $M_y$  em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

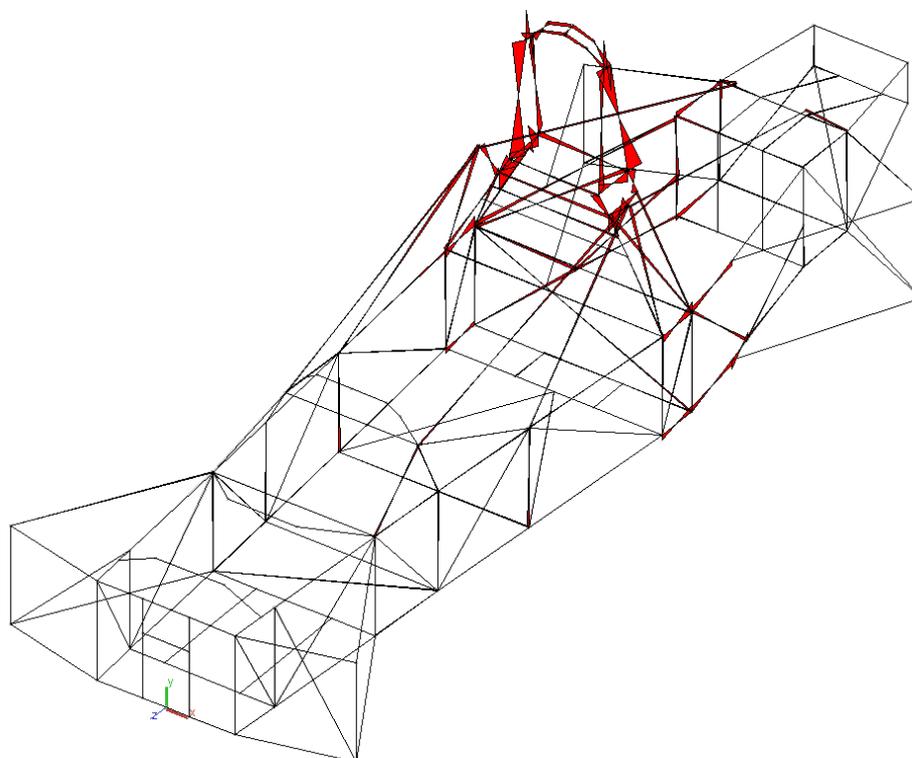


Figura 44 - Esforço  $M_z$  em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

Tabela 7 - Resultados obtidos para o chassi Gloria B4 no caso de Carga Frontal Positiva de 32373 N

Gloria B4 Carga Frontal														
Gloria B4—28x2—28x1,5(chassi)														
Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]	Momento de Inércia Polar [mm <sup>4</sup> ]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Elemento	Nó	Px [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kN.m]	My [kN.m]	Mz [kN.m]	Mf (total) [kN.m]	$\tau_{xx}$ [Mpa]	$\tau_{xz}$ [Mpa]	$\tau_{eq}$ Tresca [Mpa]
10997,10	21994,19	124,88	25	20	1,83	-4,40	25,17	0,15	1,36	0,16	1,36	1876,34	104,35	1887,91
10997,10	21994,19	124,88	7	6	-3,49	-6,50	24,45	0,14	-1,31	-0,31	1,34	1803,00	96,84	1813,38
10997,10	21994,19	124,88	23	20	26,33	4,09	-13,46	-0,37	0,58	0,02	0,58	1008,03	-249,61	1124,88
10997,10	21994,19	124,88	67	20	4,42	-3,53	5,85	0,11	-0,64	-0,42	0,76	1070,84	75,70	1081,49
10997,10	21994,19	124,88	66	6	5,04	-3,31	-5,04	-0,10	0,54	-0,39	0,67	949,16	-67,52	958,72
10997,10	21994,19	124,88	60	2	54,10	-3,67	12,09	0,34	-0,05	-0,22	0,23	744,87	231,88	877,45
10997,10	21994,19	124,88	7	68	3,49	6,50	-24,45	-0,14	-0,56	-0,19	0,59	834,99	-96,84	857,16
10997,10	21994,19	124,88	25	70	-1,83	4,40	-25,17	-0,15	0,56	0,17	0,59	789,24	-104,35	816,36
10997,10	21994,19	124,88	3	36	51,84	-6,05	-4,36	0,01	-0,23	0,15	0,27	787,45	4,09	787,50
10997,10	21994,19	124,88	68	17	49,01	6,96	3,72	0,00	-0,01	-0,28	0,28	771,84	2,73	771,86
13885,84	27771,68	163,36	88	43	-3,99	46,40	-7,72	-0,05	0,16	0,70	0,72	754,87	-25,93	756,65
13885,84	27771,68	163,36	89	46	-3,86	45,02	8,35	0,06	-0,17	0,70	0,72	752,94	31,33	755,55
10997,10	21994,19	124,88	32	24	3,61	-0,22	5,69	0,02	0,50	-0,02	0,50	711,22	13,64	711,75
13885,84	27771,68	163,36	72	16	44,53	-2,13	-0,29	0,01	0,06	-0,38	0,39	690,65	5,94	690,75
13885,84	27771,68	163,36	88	47	3,99	-46,40	7,72	0,05	0,06	0,60	0,60	671,00	25,93	673,00
10997,10	21994,19	124,88	21	38	48,71	0,11	-0,69	0,07	-0,20	0,01	0,20	656,18	45,01	662,33
13885,84	27771,68	163,36	85	3	46,62	1,93	-0,03	0,06	-0,01	-0,33	0,33	643,19	32,95	646,56
13885,84	27771,68	163,36	89	50	3,86	-45,02	-8,35	-0,06	-0,06	0,56	0,57	634,39	-31,33	637,48
10997,10	21994,19	124,88	60	6	-54,10	3,67	-12,09	-0,34	-0,63	0,02	0,63	426,32	-231,88	629,94
13885,84	27771,68	163,36	84	43	46,37	1,98	0,09	-0,04	-0,02	0,31	0,31	616,94	-18,90	618,10
13885,84	27771,68	163,36	71	50	44,42	-1,81	0,04	-0,05	0,02	0,30	0,30	595,67	-25,39	597,83

Neste caso de carga, foi aplicada uma carga frontal mas no sentido positivo do eixo dos zz.

Esta carga é uma carga distribuída ao longo do topo do arco de segurança de modo a criar uma situação mais realista possível.

Como se pode verificar pela tabela 7, esta tensão é largamente ultrapassada pelos primeiros elementos da tabela. Todos estes elementos encontram-se na zona do arco de segurança, como é demonstrado na figura 39.

Com este caso de carga e com este tipo de aço, verifica-se que estes elementos do chassi se encontram no domínio plástico de tensão, o que leva a pôr em causa a condição de segurança imposta pelo regulamento da FPAK (Federação Portuguesa de Automobilismo e Karting). É de referir que o programa utilizado neste estudo, Multiframe®, faz a análise estrutural no regime linear elástico, é por esse motivo que a tensões ultrapassam o valor da tensão de cedência do aço utilizado.

### 5.1.1.3. Carga Lateral

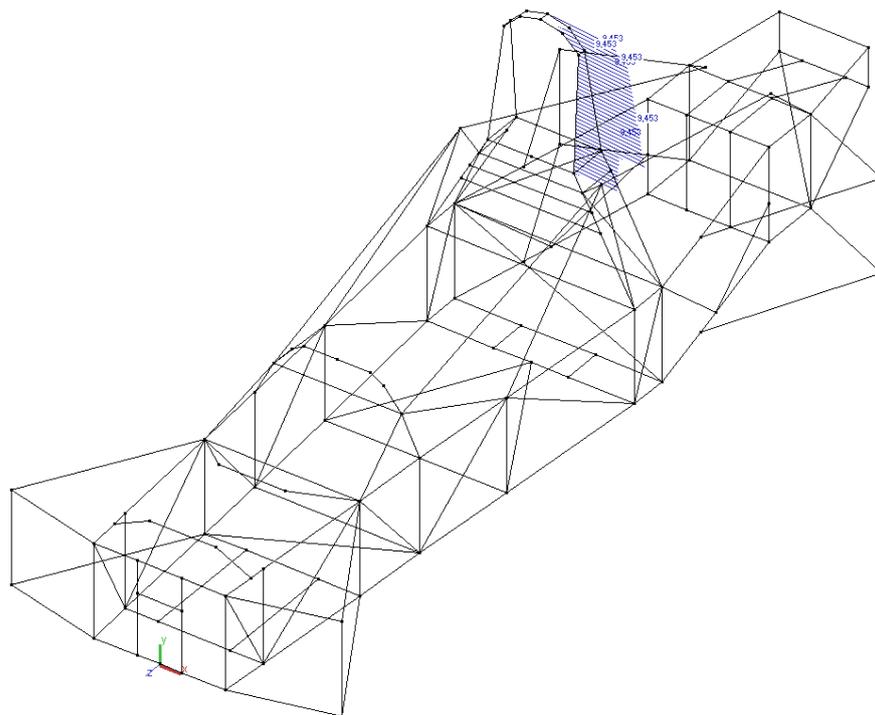


Figura 45 - Aplicação de Uma Carga Lateral de 8829 N no arco de segurança

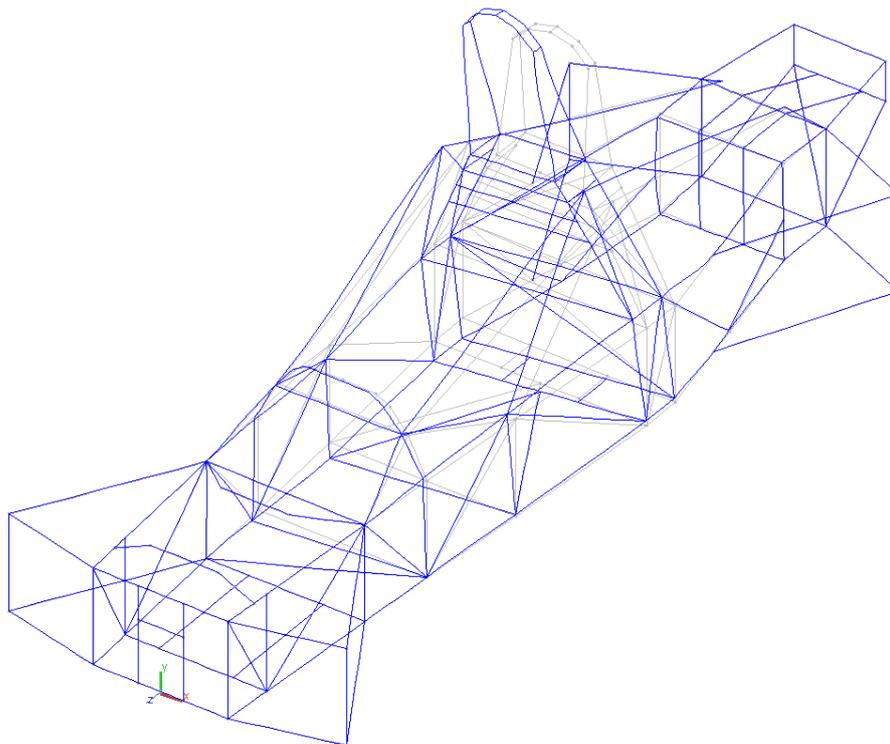


Figura 46 - Deformada devido á Carga Lateral aplicada no arco de segurança

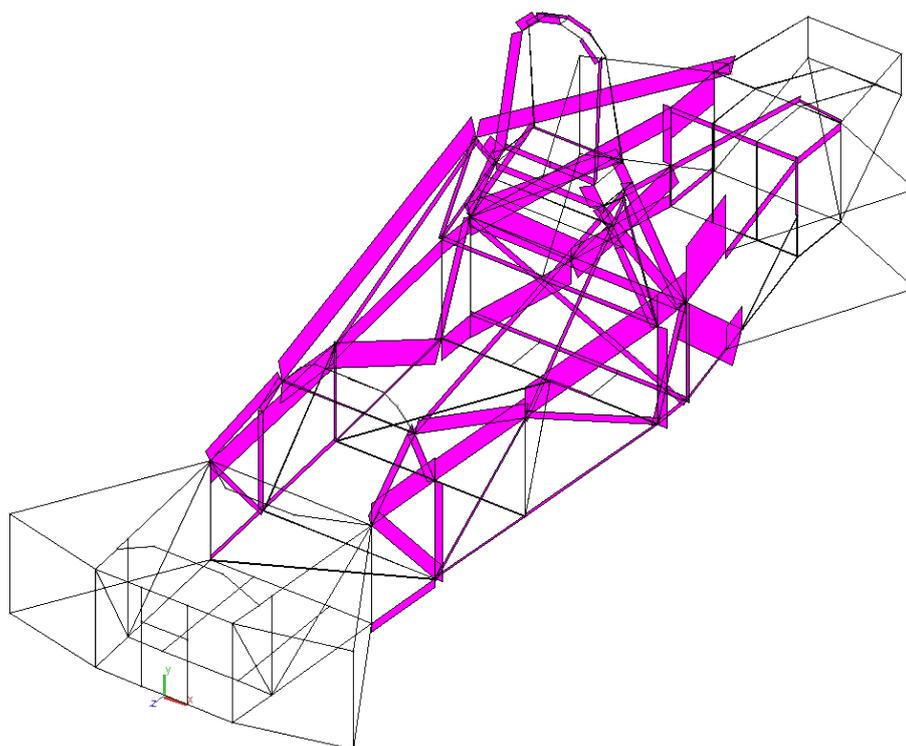


Figura 47 - Esforço Px em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança

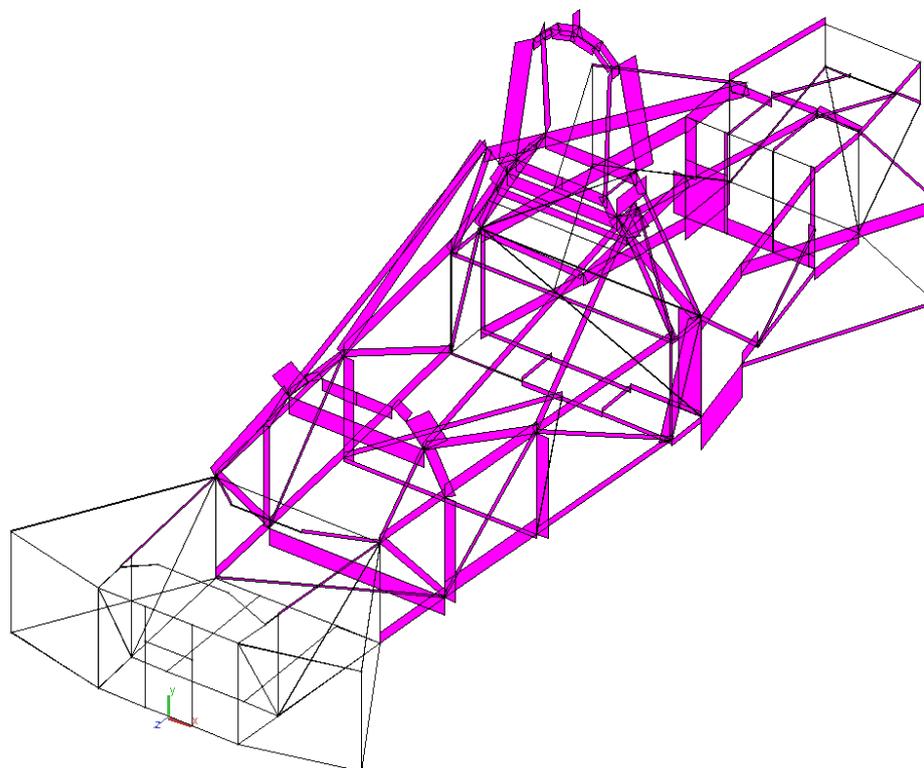


Figura 48 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança

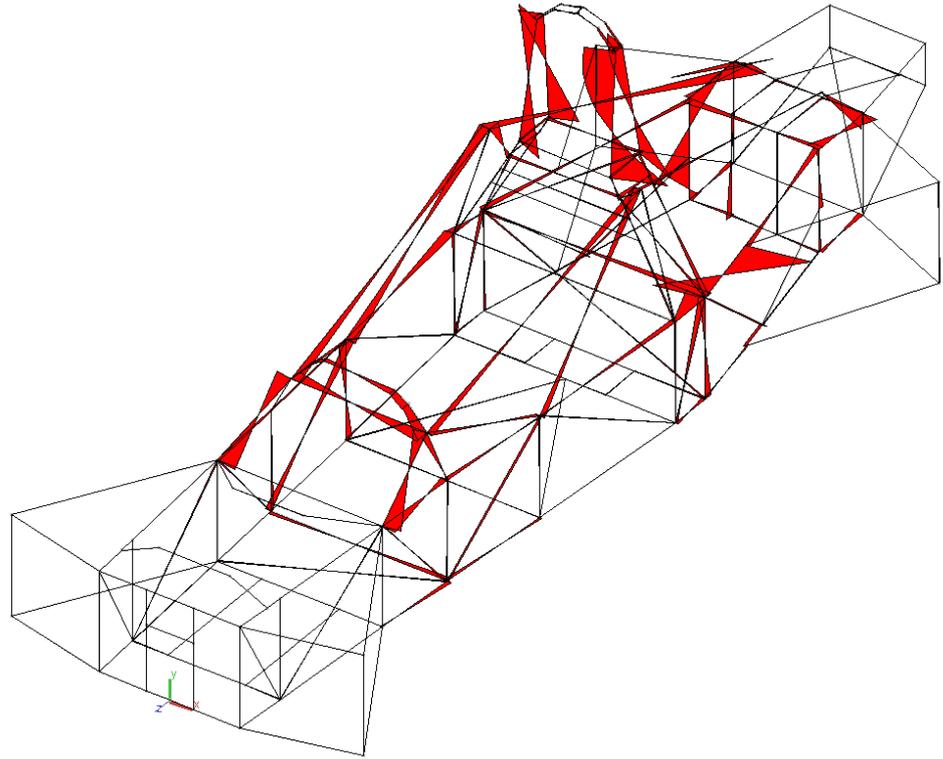


Figura 49 - Esforço  $M_y$  em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança

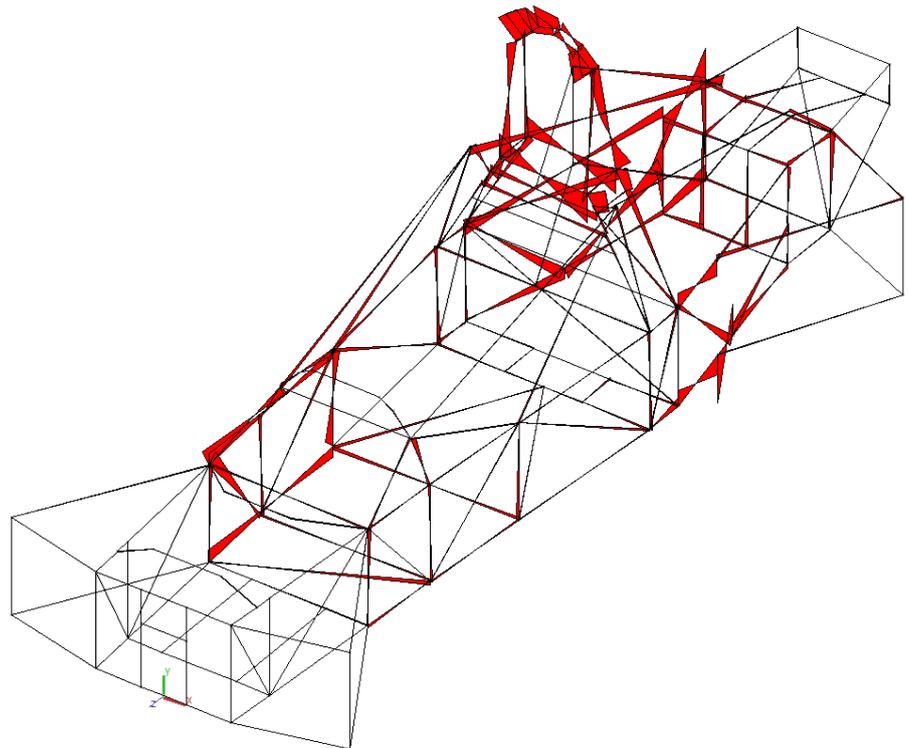


Figura 50 - Esforço  $M_z$  em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança

Tabela 8 - Resultados obtidos para o chassi Gloria B4 no caso de Carga Lateral de 8829 N

Gloria B4 Carga Lateral														
Gloria B4—28x2—28x1,5(chassi)														
Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]	Momento de Inércia Polar [mm <sup>4</sup> ]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Elemento	Nó	Px [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kN.m]	My [kN.m]	Mz [kN.m]	Mf (total) [kN.m]	$\tau_{xx}$ [Mpa]	$\tau_{xz}$ [Mpa]	$\tau_{\theta\phi}$ Tresca [Mpa]
10997,10	21994,19	124,88	10	4	13,74	0,79	-2,36	-0,01	0,25	0,09	0,26	466,84	-8,18	467,13
10997,10	21994,19	124,88	95	54	5,38	-4,50	-0,01	0,01	0,01	-0,26	0,26	399,33	6,14	399,52
10997,10	21994,19	124,88	32	24	-2,15	0,23	-3,43	0,01	-0,29	-0,01	0,29	381,48	6,14	381,68
10997,10	21994,19	124,88	74	41	-2,01	-0,63	-3,03	0,01	0,27	-0,07	0,28	368,36	6,14	368,57
10997,10	21994,19	124,88	74	22	2,01	0,63	3,03	-0,01	0,24	-0,04	0,24	349,98	-6,14	350,19
10997,10	21994,19	124,88	29	24	7,51	2,07	0,52	0,01	0,06	-0,19	0,20	331,85	9,55	332,40
10997,10	21994,19	124,88	10	53	-13,74	-0,79	2,36	0,01	0,31	0,10	0,32	331,34	8,18	331,74
13885,84	27771,68	163,36	84	2	2,63	1,00	-2,64	-0,01	-0,25	-0,10	0,27	307,42	-5,94	307,64
13885,84	27771,68	163,36	85	3	0,23	0,92	2,53	-0,01	0,24	-0,08	0,25	270,99	-7,56	271,41
10997,10	21994,19	124,88	75	41	-0,35	0,36	1,87	-0,01	0,17	-0,04	0,18	237,44	-6,82	237,83
10997,10	21994,19	124,88	58	2	-1,44	-1,14	0,02	0,01	0,00	0,16	0,16	209,49	6,82	209,93
13885,84	27771,68	163,36	72	16	2,53	-0,33	0,89	0,02	-0,16	-0,06	0,17	196,44	8,10	197,11
10997,10	21994,19	124,88	52	16	1,44	1,14	-0,02	-0,01	0,00	0,14	0,14	195,68	-6,82	196,16
10997,10	21994,19	124,88	29	22	-7,51	-2,07	-0,52	-0,01	0,03	-0,18	0,19	194,18	-9,55	195,12
10997,10	21994,19	124,88	95	39	-5,38	4,50	0,01	-0,01	-0,01	-0,17	0,17	187,85	-6,14	188,25
10997,10	21994,19	124,88	73	3	0,49	-0,90	-0,15	0,01	-0,02	0,13	0,13	182,41	7,50	183,03
10997,10	21994,19	124,88	197	81	-3,32	0,60	-0,72	-0,01	-0,11	-0,11	0,15	176,96	-8,18	177,71
10997,10	21994,19	124,88	197	103	3,32	-0,60	0,72	0,01	-0,09	-0,06	0,11	169,98	8,18	170,77
10997,10	21994,19	124,88	15	10	-0,56	0,08	1,02	-0,01	0,12	-0,02	0,12	162,79	-3,41	162,93
13885,84	27771,68	163,36	81	46	2,20	0,15	-0,19	0,00	0,02	0,14	0,14	162,31	-1,62	162,35
10997,10	21994,19	124,88	32	26	2,15	-0,23	3,43	-0,01	-0,10	-0,01	0,10	158,98	-6,14	159,46

Neste caso de carga, foi aplicada uma carga lateral no arco de segurança como é demonstrado na figura 45.

Esta carga, é uma carga distribuída ao longo da lateral do arco de segurança de modo a criar uma situação mais realista possível.

Como se pode verificar pela tabela 8, todos os elementos do chassi estão dentro do limite elástico definido pelas características do aço utilizado, que é de 650 MPa.

Para uma carga aplicada lateralmente ao arco de segurança de 8829 N, pode-se afirmar que o arco de segurança está devidamente dimensionado e que o chassi absorve parte desse esforço, de modo a que o regime elástico deste aço não seja ultrapassado.

É de referir que o programa utilizado neste estudo, Multiframe®, faz a análise estrutural no regime linear elástico, é por esse motivo que a tensões ultrapassam o valor da tensão de cedência do aço utilizado.

#### 5.1.1.4. Carga Vertical Descendente

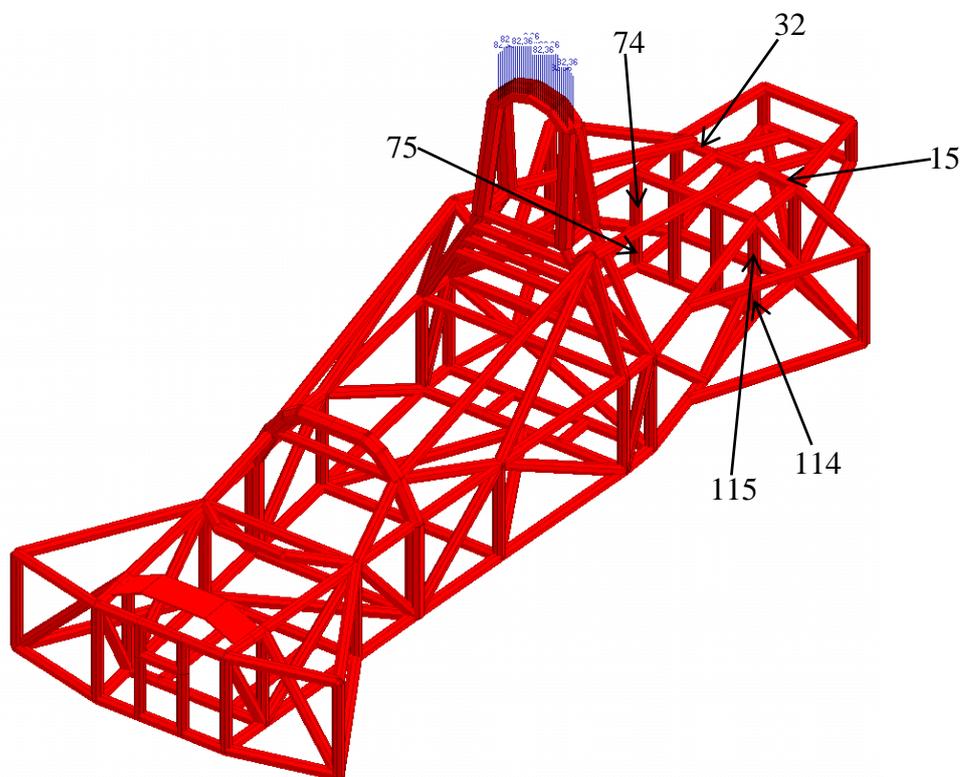


Figura 51 - Aplicação de Uma Carga Vertical Descendente de 44145 N no arco de segurança

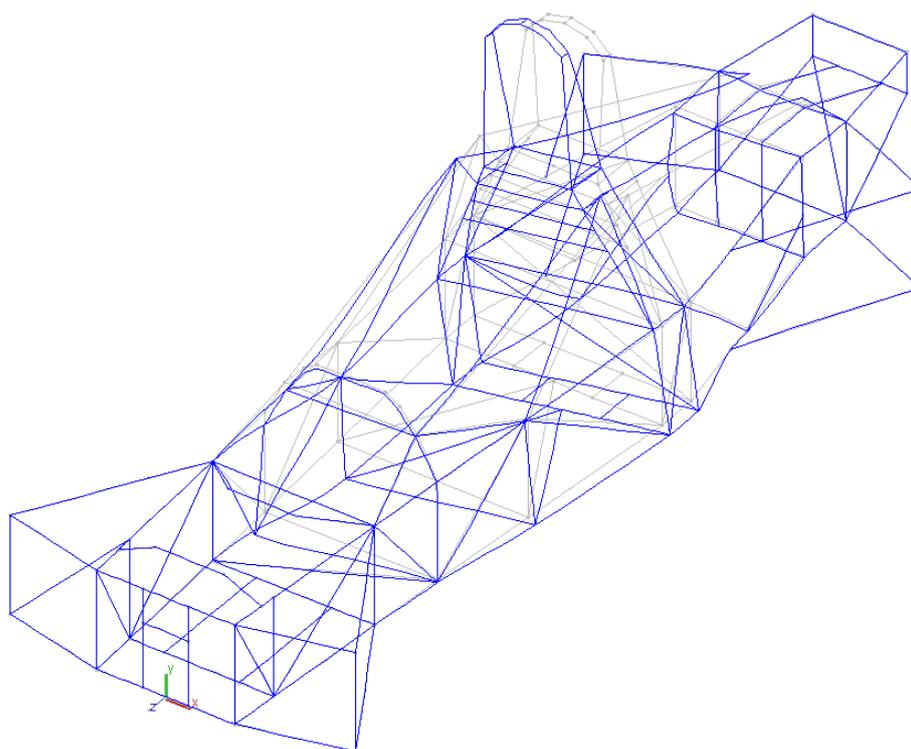


Figura 52 - Deformada devido á Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança

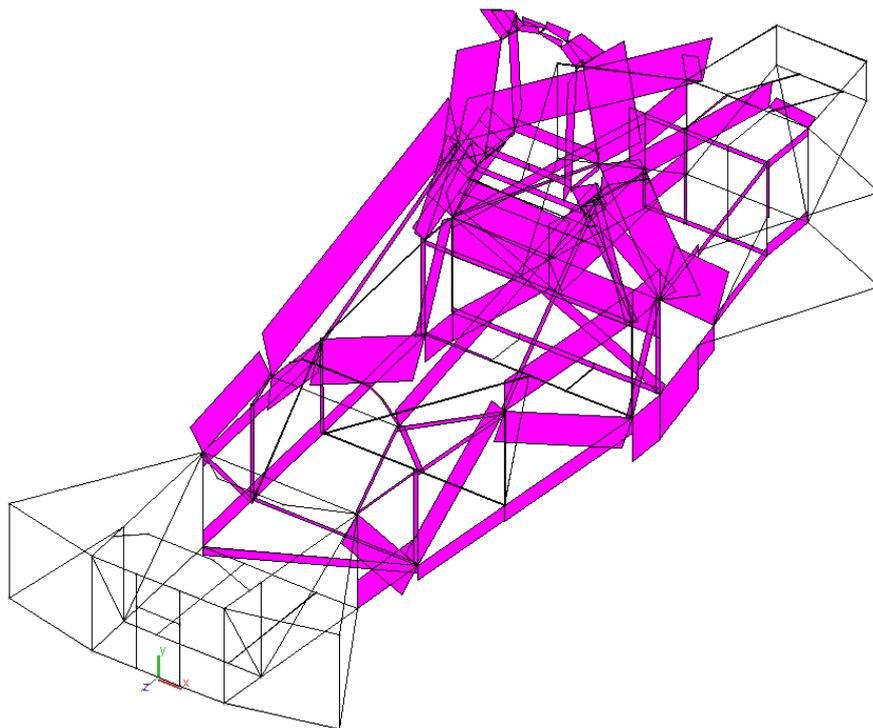


Figura 53 - Esforço Px em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança

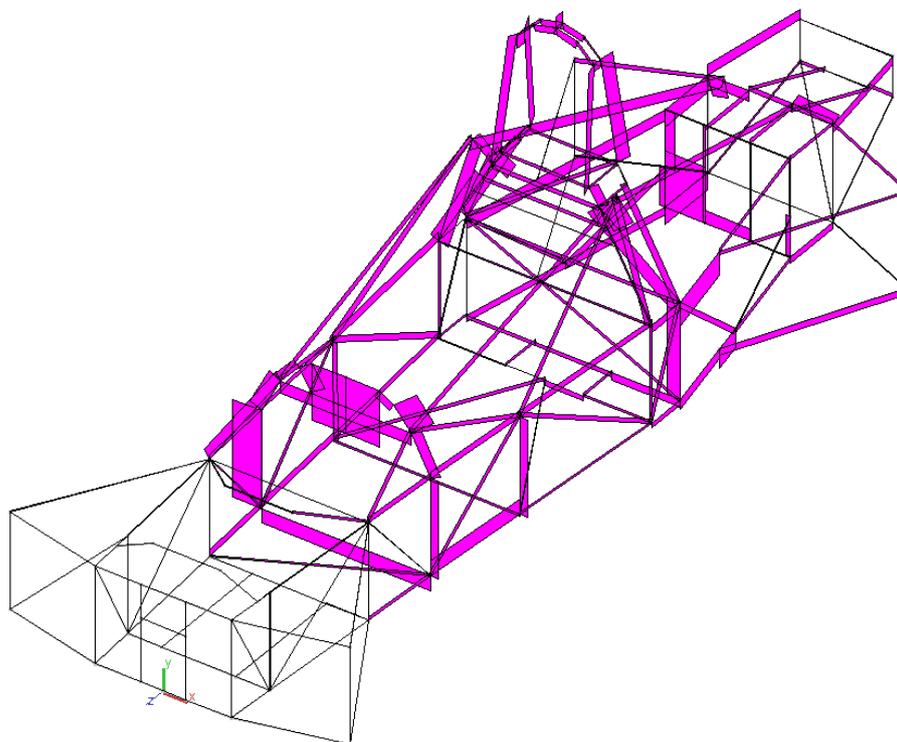


Figura 54 - Esforço Momento Torsor devido à Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança

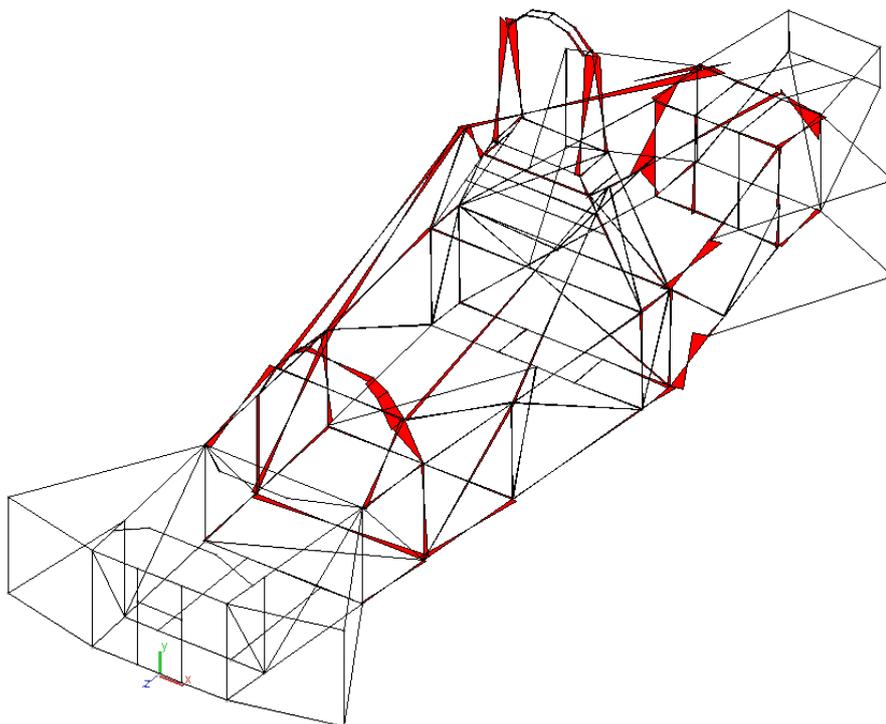


Figura 55 - Esforço  $M_y$  em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança

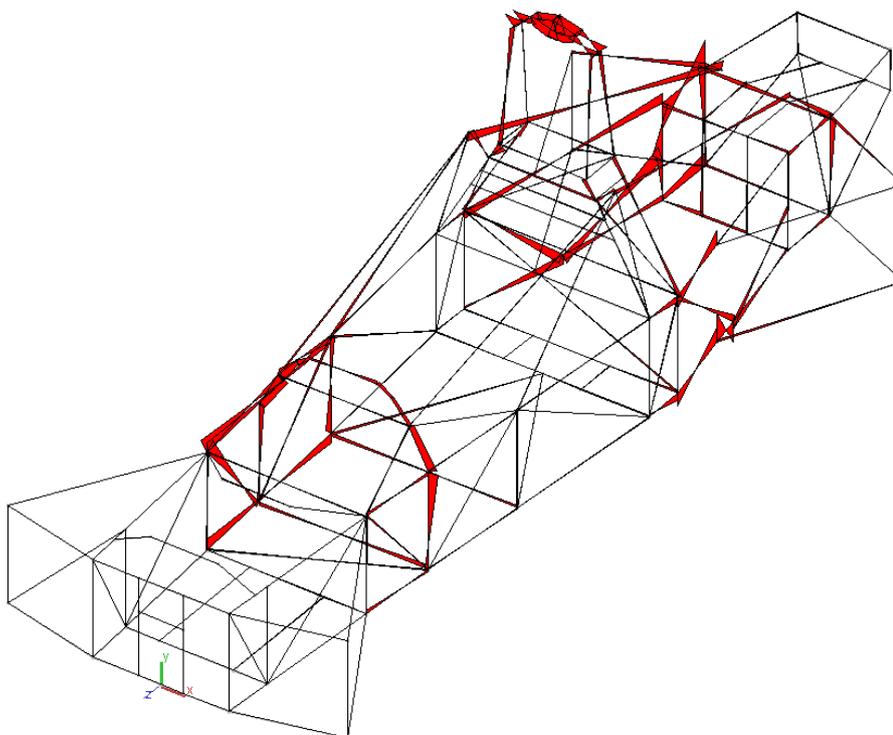


Figura 56 - Esforço  $M_z$  em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança

Tabela 9 - Resultados obtidos para o chassi Gloria B4 no caso de Carga Vertical Descendente de 44145 N

Gloria B4 Carga Vertical Descendente														
Gloria B4—28x2—28x1,5(chassi)														
Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]	Momento de Inércia Polar [mm <sup>4</sup> ]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Elemento	Nó	Px [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kN.m]	My [kN.m]	Mz [kN.m]	Mf (total) [kN.m]	τxx [Mpa]	τxz [Mpa]	τeq Tresca [Mpa]
10997,10	21994,19	124,88	32	24,00	-5,51	0,65	-8,96	0,03	-0,81	-0,06	0,81	1060,94	20,46	1061,73
10997,10	21994,19	124,88	74	41,00	-4,20	-1,24	-6,33	0,02	0,57	-0,14	0,59	764,98	11,59	765,33
10997,10	21994,19	124,88	74	22,00	4,20	1,24	6,33	-0,02	0,51	-0,07	0,51	731,72	-11,59	732,09
10997,10	21994,19	124,88	15	10,00	-3,18	0,40	5,31	-0,02	0,52	-0,06	0,52	688,68	-12,28	689,11
10997,10	21994,19	124,88	29	24,00	8,80	4,37	0,67	0,03	0,08	-0,40	0,41	625,54	21,14	626,97
10997,10	21994,19	124,88	95	54,00	-6,75	7,36	-0,38	-0,03	0,03	0,41	0,41	506,24	-22,51	508,24
10997,10	21994,19	124,88	11	54,00	11,79	1,72	-1,58	0,02	-0,20	-0,22	0,30	498,73	11,59	499,27
10997,10	21994,19	124,88	75	41,00	-0,67	0,71	3,49	-0,01	0,34	-0,08	0,34	465,15	-6,14	465,31
10997,10	21994,19	124,88	29	22,00	-8,80	-4,37	-0,67	-0,03	0,05	-0,39	0,39	458,44	-21,14	460,38
10997,10	21994,19	124,88	95	39,00	6,75	-7,36	0,38	0,03	0,01	0,29	0,29	455,39	22,51	457,60
10997,10	21994,19	124,88	166	102,00	-0,49	0,00	1,01	-0,05	0,28	-0,05	0,29	387,13	-34,10	393,09
10997,10	21994,19	124,88	164	102,00	1,51	-0,40	2,04	0,02	-0,25	0,09	0,27	378,29	12,96	379,18
10997,10	21994,19	124,88	172	103,00	-0,09	-0,47	-1,02	0,01	0,25	-0,10	0,27	368,37	8,87	368,80
10997,10	21994,19	124,88	32	26,00	5,51	-0,65	8,96	-0,03	-0,23	-0,02	0,23	351,69	-20,46	354,06
10997,10	21994,19	124,88	10	53,00	-1,83	1,66	1,22	0,04	0,16	-0,20	0,26	339,22	27,28	343,58
10997,10	21994,19	124,88	10	4,00	1,83	-1,66	-1,22	-0,04	0,12	-0,19	0,23	324,09	-27,28	328,65
10997,10	21994,19	124,88	77	42,00	11,06	-1,17	-0,01	0,01	0,01	0,17	0,17	323,58	8,87	324,06
13885,84	27771,68	163,36	83	40	1,94	0,03	-0,35	-0,01	0,01	-0,27	0,27	302,56	-5,94	302,79
10997,10	21994,19	124,88	198	103,00	9,53	-1,41	0,66	0,02	-0,09	-0,14	0,16	300,72	15,69	302,35
10997,10	21994,19	124,88	166	104,00	0,49	0,00	-1,01	0,05	-0,20	0,05	0,21	283,87	34,10	291,95
13885,84	27771,68	163,36	85	47	11,21	0,24	0,81	0,02	-0,20	0,05	0,20	288,24	11,34	289,13

Neste caso de carga, foi aplicada uma carga vertical descendente no arco de segurança como é demonstrado na figura 51.

Esta carga, é uma carga distribuída ao longo do topo do arco de segurança de modo a criar uma situação mais realista possível.

Como se pode verificar pela tabela 9, os primeiros 4 elementos da tabela estão fora do limite elástico definido pelas características do aço utilizado, que é de 650 MPa.

Para uma carga aplicada verticalmente ao arco de segurança de 44145 N, pode-se afirmar que o arco de segurança não está devidamente dimensionado.

Como se pode comprovar pelas figuras anteriores, o local onde os esforços são mais significativos são na zona dos triângulos de suspensão traseira. O arco de segurança, quando sujeito a um esforço vertical, vai transmitir os esforços aos braços de reforço que, por sua vez, vai transmitir ao chassi.

Nesta situação, em caso de carga vertical descendente, não é só o arco de segurança que entra em colapso. Também o próprio chassi irá colapsar já que o limite elástico do aço é largamente ultrapassado, pondo em risco tanto a segurança do piloto, como o próprio chassi.

É de referir que o programa utilizado neste estudo, Multiframe®, faz a análise estrutural no regime linear elástico, é por esse motivo que a tensões ultrapassam o valor da tensão de cedência do aço utilizado.

## 5.2. Spartan evo 2

Neste estudo foi considerado o uso de rótulas nas ligações entre os triângulos de suspensão e o chassi, em que estas apenas permitem rotação segundo o eixo dos  $zz$ .

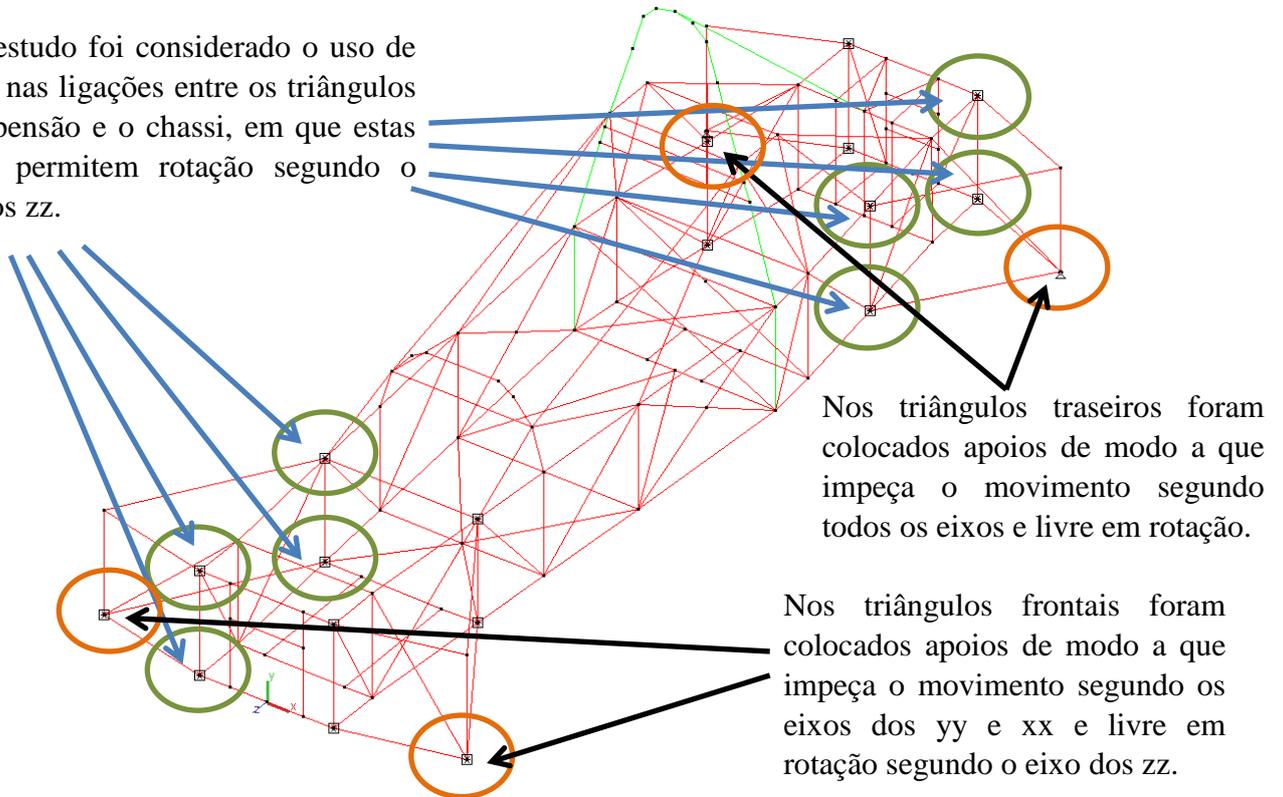


Figura 57 – Condições de fronteira do chassi Spartan evo 2

Nos casos de carga a seguir demonstrados, como se pode verificar na figura 57, o chassi está apoiado nos triângulos frontais e traseiros.

Nos triângulos frontais, o chassi é impedido de se movimentar segundo o eixo dos  $yy$  e  $xx$ , estando livre em rotação e segundo o eixo dos  $zz$ .

Nos triângulos traseiros, o chassi é impedido de se movimentar segundo o eixo dos  $yy$ ,  $xx$  e  $zz$ , estando livre em rotação.

Estas condições de fronteira aplicam-se a todos os casos de carga efectuados com o chassi Spartan evo 2.

### 5.2.1. Casos de Carga

#### 5.2.1.1. Carga Frontal Negativa

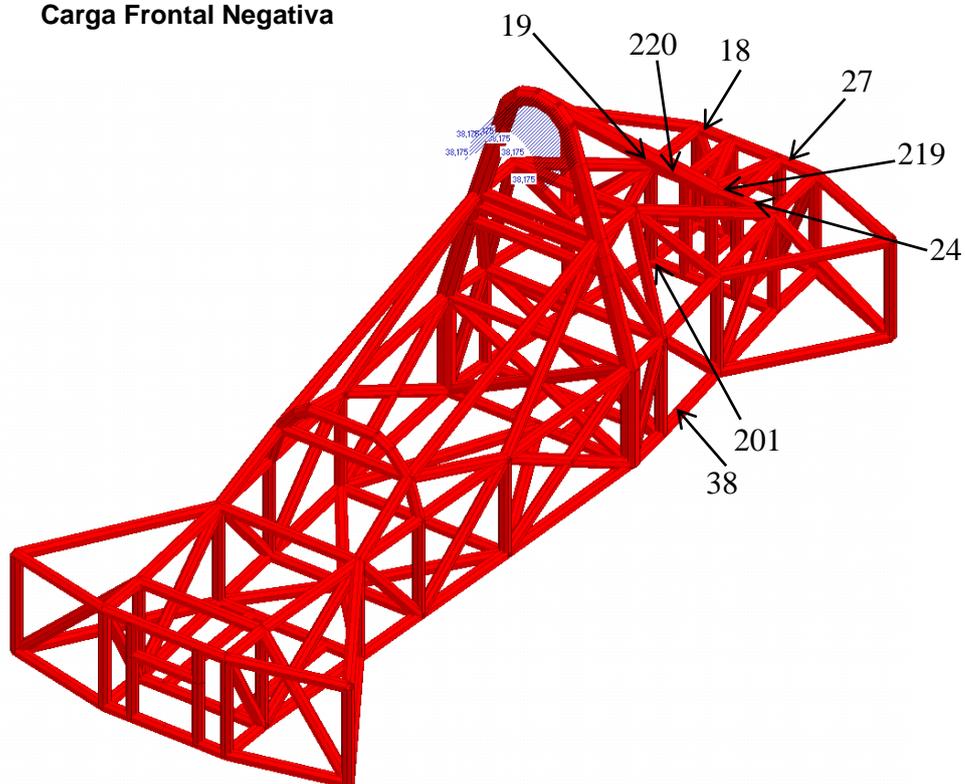


Figura 58 - Aplicação de uma Carga Frontal Negativa de -32373 N no arco de segurança

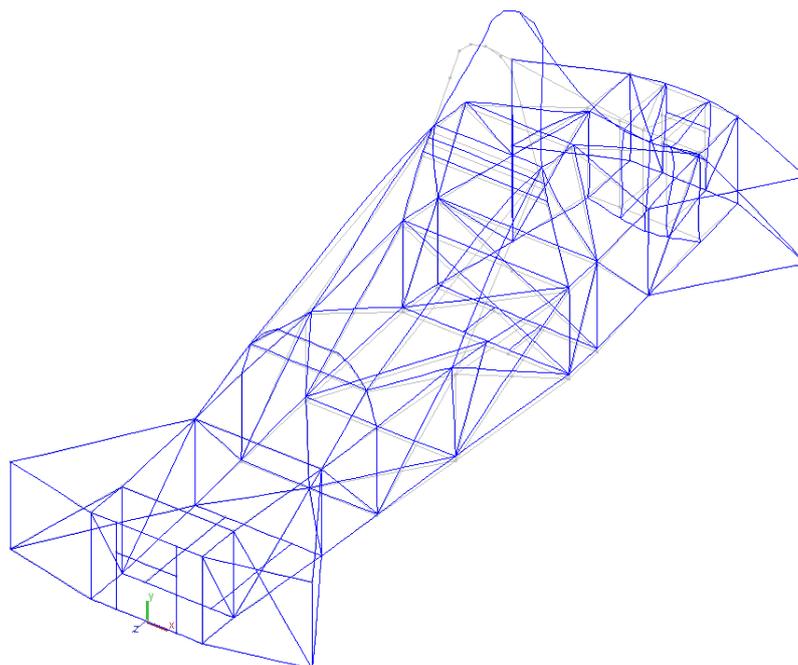


Figura 59- Deformada devido á Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança

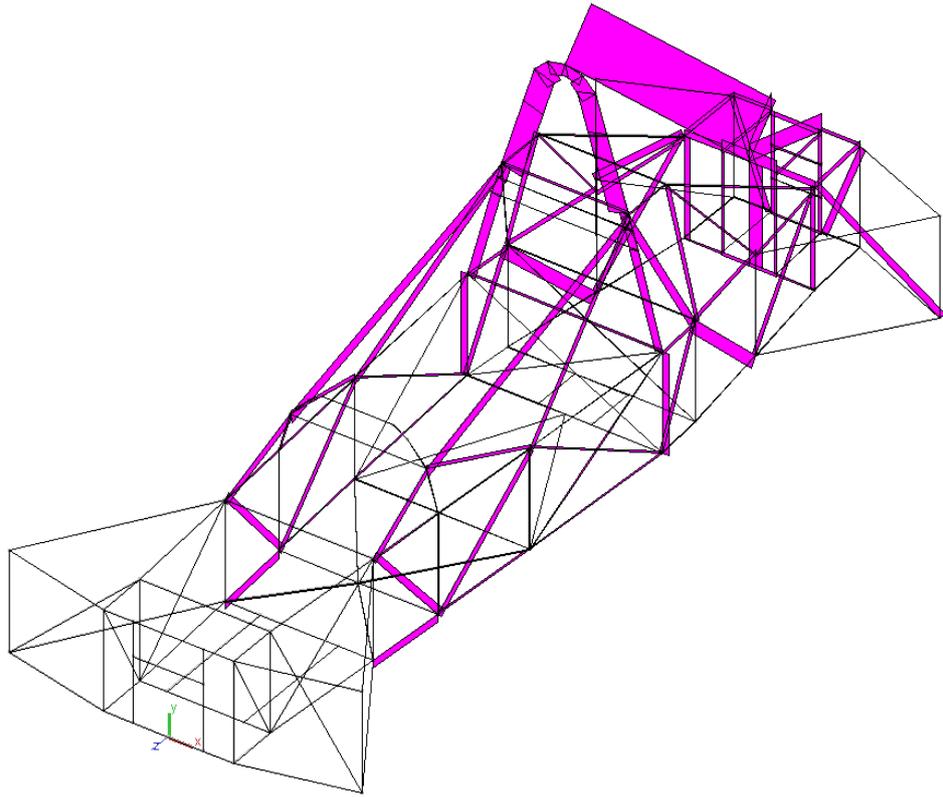


Figura 60 - Esforço Px em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança

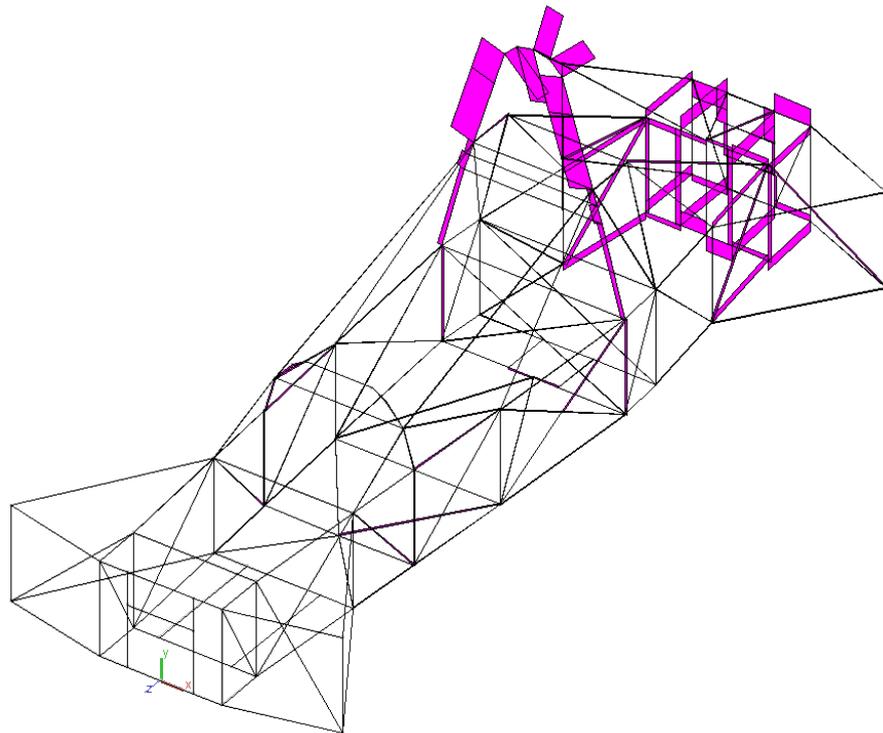


Figura 61 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança

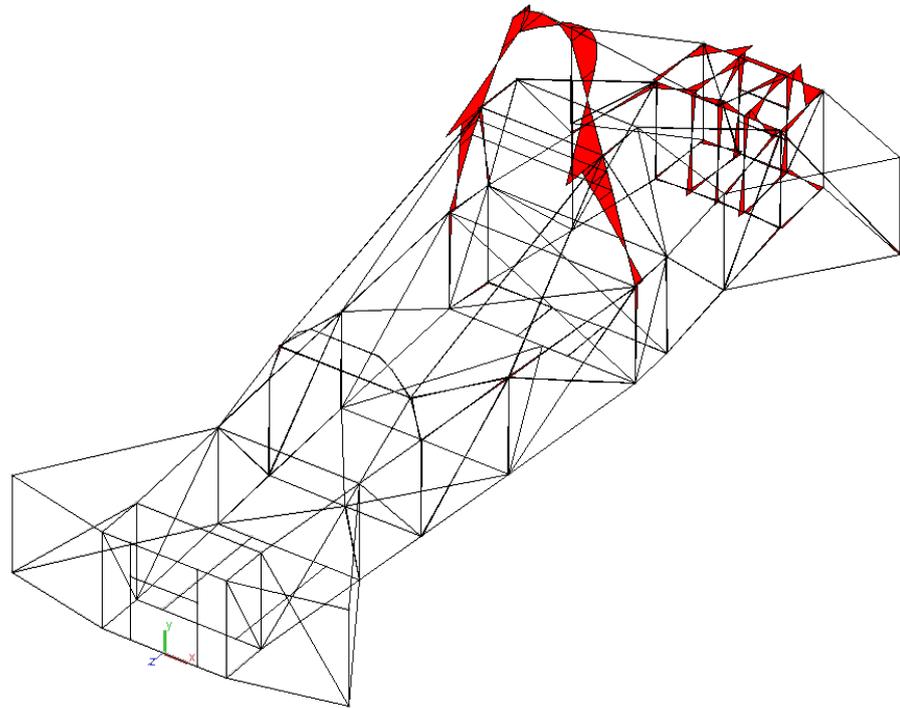


Figura 62 - Esforço  $M_y$  em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança

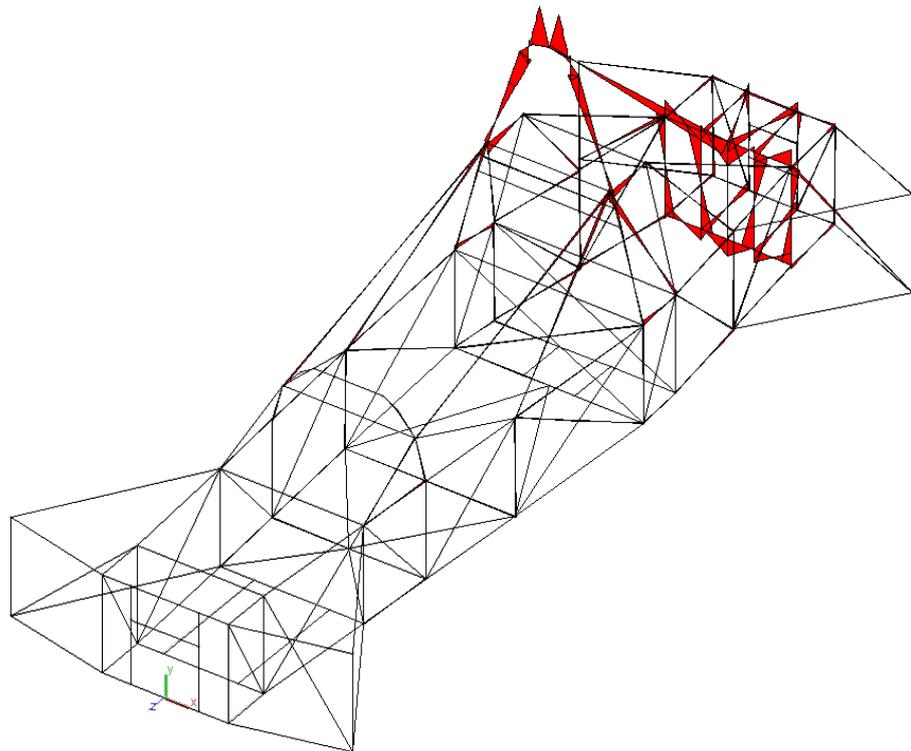


Figura 63 - Esforço  $M_z$  em função da Carga Frontal Negativa aplicada no arco de segurança

Tabela 10 - Resultados obtidos para o chassi Spartan evo 2 no caso de Carga Frontal Negativa de 32373 N

Spartan Carga Frontal Negativa														
Spartan evo 2 45x2,6-----30x1,5(chassi)														
Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]	Momento de Inércia Polar [mm <sup>4</sup> ]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Elemento	Nó	Px [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kN.m]	My [kN.m]	Mz [kN.m]	Mf (total) [kN.m]	$\sigma_x$ [Mpa]	$\sigma_z$ [Mpa]	$\tau_{eq}$ Tresca [Mpa]
13673,73	27347,47	134,30	18	14	1,98	0,35	6,57	-0,042	-0,39	0,03	0,39	425,61	-23,04	428,09
13673,73	27347,47	134,30	220	104	-6,261	-5,642	-1,96	0,011	-0,143	0,357	0,38	424,53	6,03	424,71
13673,73	27347,47	134,30	219	104	6,81	-5,625	-1,77	0,009	0,139	-0,358	0,38	418,62	4,94	418,74
13673,73	27347,47	134,30	27	12	-1,53	0,39	6,14	-0,042	0,38	-0,03	0,38	413,33	-23,04	415,89
13673,73	27347,47	134,30	27	19	1,53	-0,39	-6,14	0,042	0,30	-0,02	0,30	327,26	23,04	330,48
13673,73	27347,47	134,30	24	13	-4,00	3,65	3,00	-0,015	0,18	-0,24	0,30	327,98	-8,23	328,39
13673,73	27347,47	134,30	19	15	3,59	3,73	3,03	-0,014	-0,17	0,24	0,30	325,44	-7,68	325,80
13673,73	27347,47	134,30	18	18	-1,98	-0,35	-6,57	0,042	-0,29	0,01	0,29	321,73	23,04	325,01
13673,73	27347,47	134,30	201	97	1,75	-3,66	-0,32	-0,035	-0,03	0,24	0,25	271,24	-19,20	273,94
13673,73	27347,47	134,30	200	97	-1,76	-3,65	-0,28	-0,036	0,03	-0,24	0,25	267,73	-19,75	270,63
13673,73	27347,47	134,30	31	16	-1,07	-1,30	-0,72	-0,010	-0,10	0,20	0,22	246,82	-5,48	247,06
13673,73	27347,47	134,30	32	17	-1,06	-1,30	0,68	0,011	0,10	0,20	0,22	243,83	6,03	244,13
13673,73	27347,47	134,30	24	16	4,00	-3,65	-3,00	0,015	0,15	-0,16	0,22	238,55	8,23	239,12
13673,73	27347,47	134,30	31	9	1,07	1,30	0,72	0,010	-0,10	0,18	0,21	227,48	5,48	227,74
13673,73	27347,47	134,30	19	17	-3,59	-3,73	-3,03	0,014	-0,14	0,15	0,21	226,10	7,68	226,62
13673,73	27347,47	134,30	32	10	1,06	1,30	-0,68	-0,011	0,10	0,18	0,20	225,20	-6,03	225,52
13673,73	27347,47	134,30	28	16	-2,05	-0,92	1,37	-0,033	-0,14	-0,11	0,18	196,70	-18,10	200,00
13673,73	27347,47	134,30	12	6	0,81	3,19	0,63	-0,010	0,04	-0,18	0,18	197,68	-5,48	197,98
13673,73	27347,47	134,30	10	7	-0,82	3,26	0,61	-0,010	-0,03	0,17	0,18	195,58	-5,48	195,88
13673,73	27347,47	134,30	26	17	-1,74	-0,85	-1,38	0,034	0,14	-0,10	0,17	190,15	18,65	193,77
13673,73	27347,47	134,30	12	9	-0,81	-3,19	-0,63	0,010	0,03	-0,17	0,18	193,19	5,48	193,50

Para um caso de carga frontal no sentido negativo dos eixos dos zz, como é demonstrado na figura 58, elaborou-se a tabela 10 com os esforços e com as tensões existentes.

Esta carga, é uma carga distribuída ao longo do topo do arco de segurança de modo a criar uma situação mais realista possível.

Como se pode verificar pela tabela 9, todos os elementos da tabela estão dentro do limite elástico definido pelas características do aço utilizado, que tem como valor de Tensão limite de cedência de 750 MPa.

Para uma carga aplicada frontalmente ao arco de segurança de 32373 N, pode-se afirmar que o arco de segurança está devidamente dimensionado e que todos os esforços transmitidos são absorvidos pelo chassi.

Como se pode comprovar pelas figuras anteriores, o local onde os esforços são mais significativos são na zona dos triângulos de suspensão traseira e arco de segurança. O arco de segurança, quando sujeito a um esforço frontal, vai transmitir os esforços ao braço de reforço que por sua vez vai transmitir ao chassi.

Nesta situação, em caso de carga frontal negativa, tanto o arco de segurança como o chassi, para este nível de esforços, irão suportar os esforços aplicados de modo a que a segurança do piloto bem como a performance do chassi sejam garantidos.

É de referir que o programa utilizado neste estudo, Multiframe®, faz a análise estrutural no regime linear elástico, é por esse motivo que a tensões ultrapassam o valor da tenção de cedência do aço utilizado.

5.2.1.2. Carga Frontal Positiva

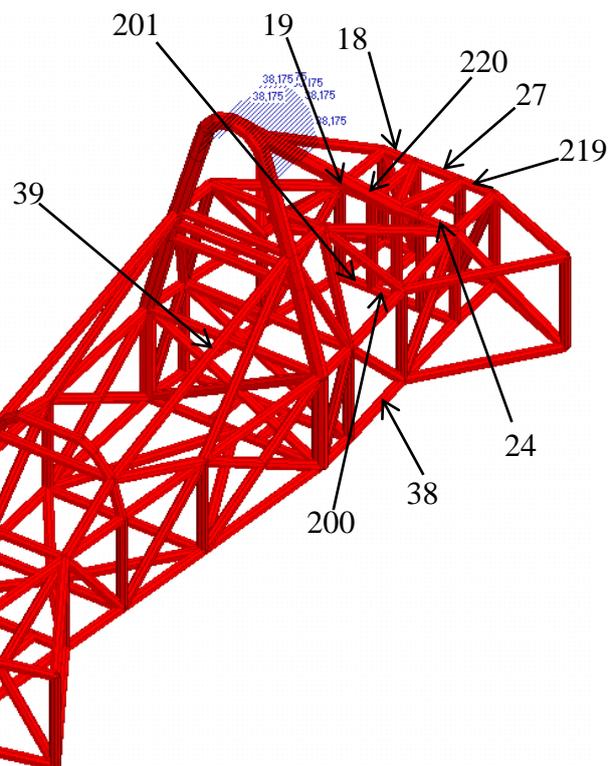


Figura 64 - Aplicação de Uma Carga Frontal Positiva de 32373 N no arco de segurança

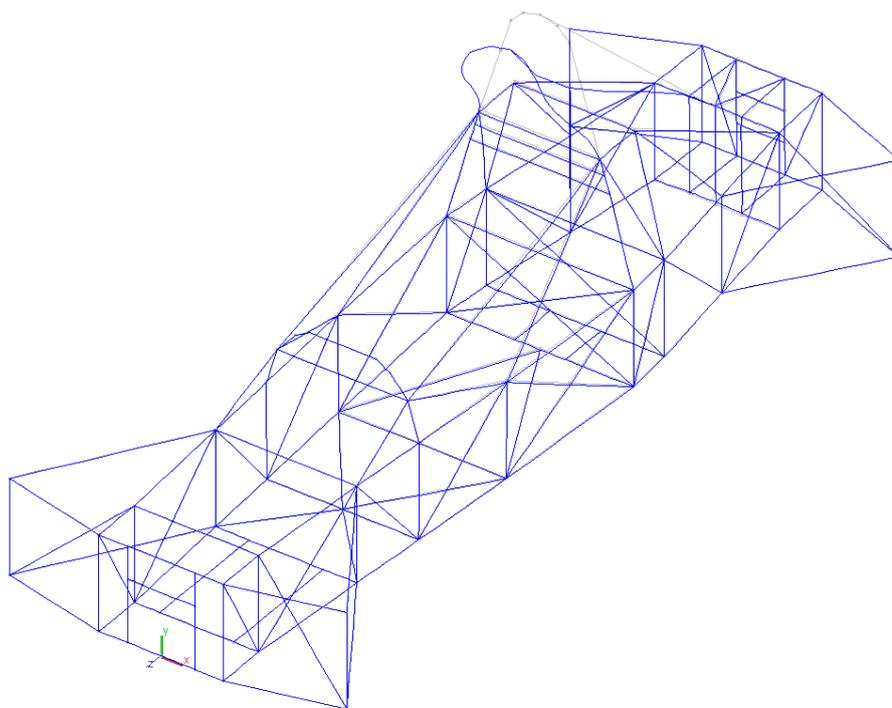


Figura 65 - Deformada devido á Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

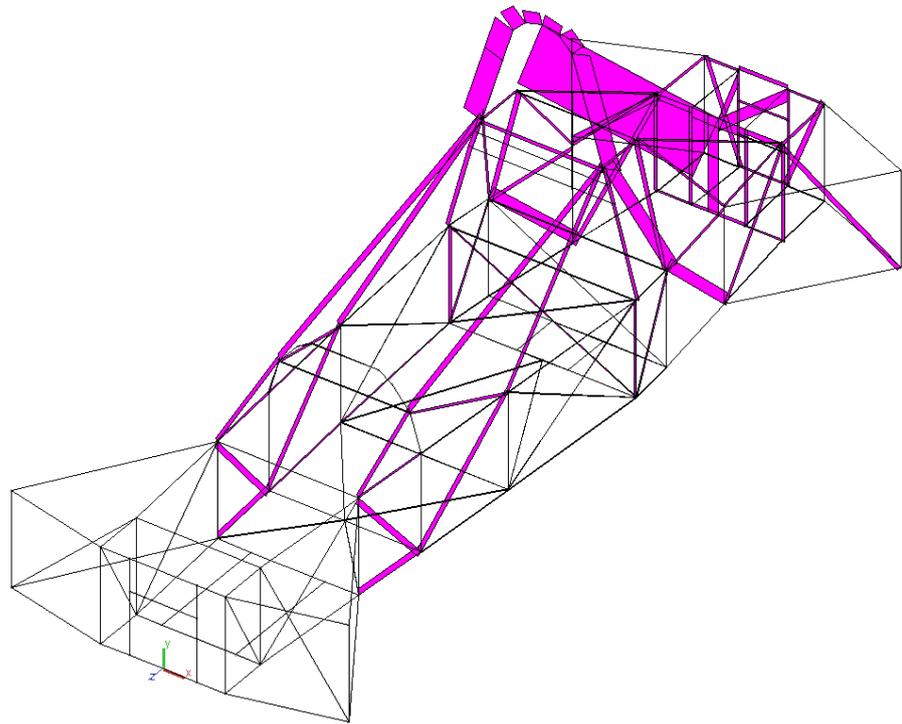


Figura 66 - Esforço Px em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

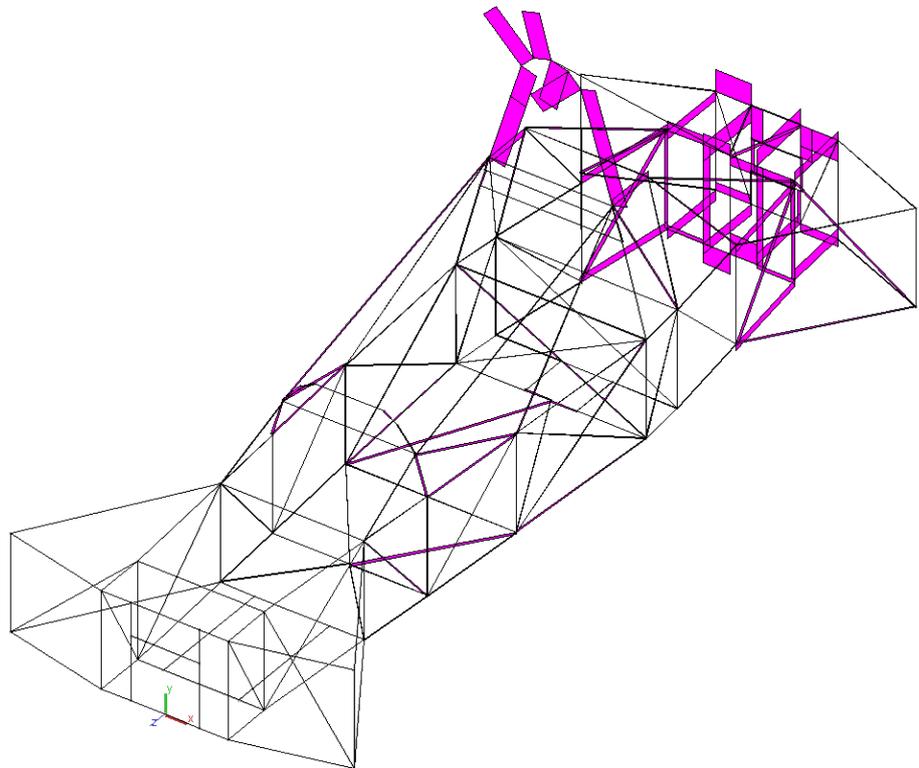


Figura 67 - Esforço Tx em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

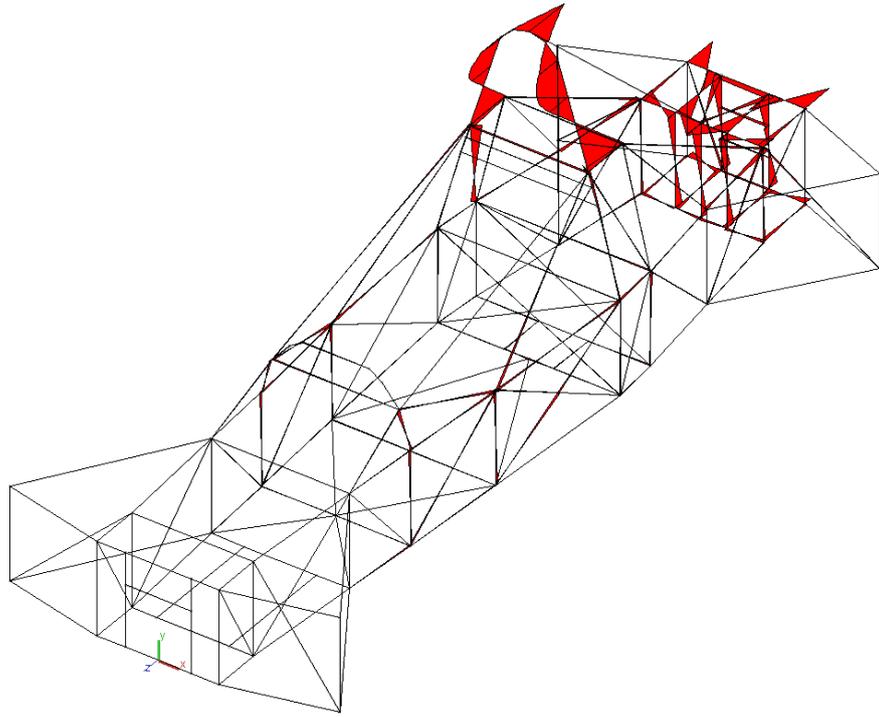


Figura 68 - Esforço  $M_y$  em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

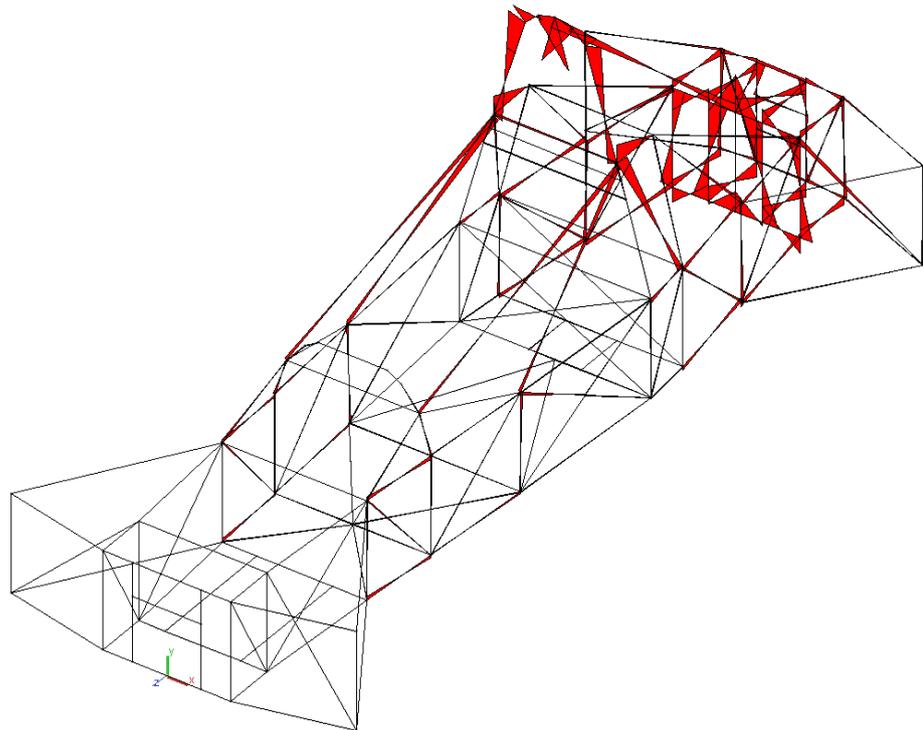


Figura 69 - Esforço  $M_z$  em função da Carga Frontal Positiva aplicada no arco de segurança

Tabela 11 - Resultados obtidos para o chassi Spartan no caso de Carga Frontal Positiva de 32373 N

Spartan Carga Frontal														
Spartan evo 2 45x2,6-----30x1,5(chassi)														
Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]	Momento de Inércia Polar [mm <sup>4</sup> ]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Elemento	Nó	Px [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kN.m]	My [kN.m]	Mz [kN.m]	Mf (total) [kN.m]	$\tau_{xx}$ [Mpa]	$\tau_{xz}$ [Mpa]	$\tau_{\varphi}$ Tresca [Mpa]
13673,73	27347,47	134,30	219	104	-6,26	6,594	3,842	-0,023	-0,243	0,416	0,48	531,60	-12,62	532,20
13673,73	27347,47	134,30	220	104	5,903	6,553	3,965	-0,025	0,242	-0,411	0,48	520,16	-13,71	520,88
13673,73	27347,47	134,30	18	14	-1,64	-0,93	-6,99	0,05	0,41	-0,06	0,42	457,74	26,88	460,88
13673,73	27347,47	134,30	27	12	1,28	-0,94	-6,68	0,05	-0,41	0,06	0,41	453,27	26,88	456,45
13673,73	27347,47	134,30	27	19	-1,28	0,94	6,68	-0,05	-0,32	0,05	0,33	359,50	-26,88	363,49
13673,73	27347,47	134,30	18	18	1,64	0,93	6,99	-0,05	0,31	-0,04	0,31	342,86	-26,88	347,05
13673,73	27347,47	134,30	24	13	3,31	-3,78	-2,81	0,02	-0,18	0,26	0,31	342,21	10,97	345,90
13673,73	27347,47	134,30	19	15	-2,98	-3,83	-2,78	0,02	0,17	-0,25	0,30	332,27	10,97	333,00
13673,73	27347,47	134,30	31	16	1,77	1,35	0,84	0,01	0,13	-0,21	0,25	268,40	7,68	268,84
13673,73	27347,47	134,30	32	17	1,74	1,34	-0,80	-0,02	-0,12	-0,21	0,24	263,22	-8,23	263,74
13673,73	27347,47	134,30	200	97	1,69	3,27	0,40	0,05	-0,04	0,22	0,23	250,72	25,78	255,97
13673,73	27347,47	134,30	201	97	-1,69	3,26	0,43	0,05	0,04	-0,22	0,23	247,21	25,23	252,31
13673,73	27347,47	134,30	28	16	-0,08	1,06	-1,60	0,04	0,17	0,13	0,21	233,29	20,29	236,80
13673,73	27347,47	134,30	31	9	-1,77	-1,35	-0,84	-0,01	0,12	-0,18	0,21	234,46	-7,68	234,96
13673,73	27347,47	134,30	183	31	1,35	1,43	-0,33	0,02	0,06	0,21	0,21	234,36	8,23	234,94
13673,73	27347,47	134,30	173	30	1,43	1,41	0,28	-0,02	-0,05	0,20	0,21	232,19	-8,23	232,78
13673,73	27347,47	134,30	32	10	-1,74	-1,34	0,80	0,02	-0,11	-0,18	0,21	230,55	8,23	231,14
13673,73	27347,47	134,30	26	17	-0,39	0,99	1,58	-0,04	-0,17	0,11	0,20	222,66	-20,84	226,53
13673,73	27347,47	134,30	24	16	-3,31	3,78	2,81	-0,02	-0,13	0,16	0,20	224,24	-10,97	225,31
13673,73	27347,47	134,30	206	19	1,48	1,10	1,08	0,03	0,17	-0,08	0,19	206,91	15,36	209,18
13673,73	27347,47	134,30	12	9	0,77	3,28	0,74	-0,01	-0,04	0,18	0,19	207,70	-4,94	207,94

Neste caso de carga foi aplicada uma carga frontal, no sentido positivo dos eixos dos zz, no arco de segurança como é demonstrado na figura 64. Este caso de carga é muito idêntico ao anterior mas, é igualmente importante fazê-lo, pois é necessário verificar como é que o chassi reage ao esforço.

Esta carga é uma carga distribuída ao longo do topo do arco de segurança de modo a criar uma situação mais realista possível.

Como se pode verificar pela tabela 11, todos os elementos da tabela estão dentro do limite elástico definido pelas características do aço utilizado, 42CrMo4, que é de 750 MPa.

Para uma carga aplicada frontalmente ao arco de segurança de 32373 N, pode-se afirmar que o arco de segurança está devidamente dimensionado e que todos os esforços transmitidos são absorvidos pelo chassi.

Como se pode comprovar pelas figuras anteriores, o local onde os esforços são mais significativos são na zona dos triângulos de suspensão traseira. O arco de segurança, quando sujeito a um esforço frontal, vai transmitir os esforços ao braço de reforço que por sua vez vai transmitir ao chassi.

É de referir que o programa utilizado neste estudo, Multiframe®, faz a análise estrutural no regime linear elástico, é por esse motivo que a tensões ultrapassam o valor da tensão de cedência do aço utilizado.

5.2.1.3. Carga Lateral

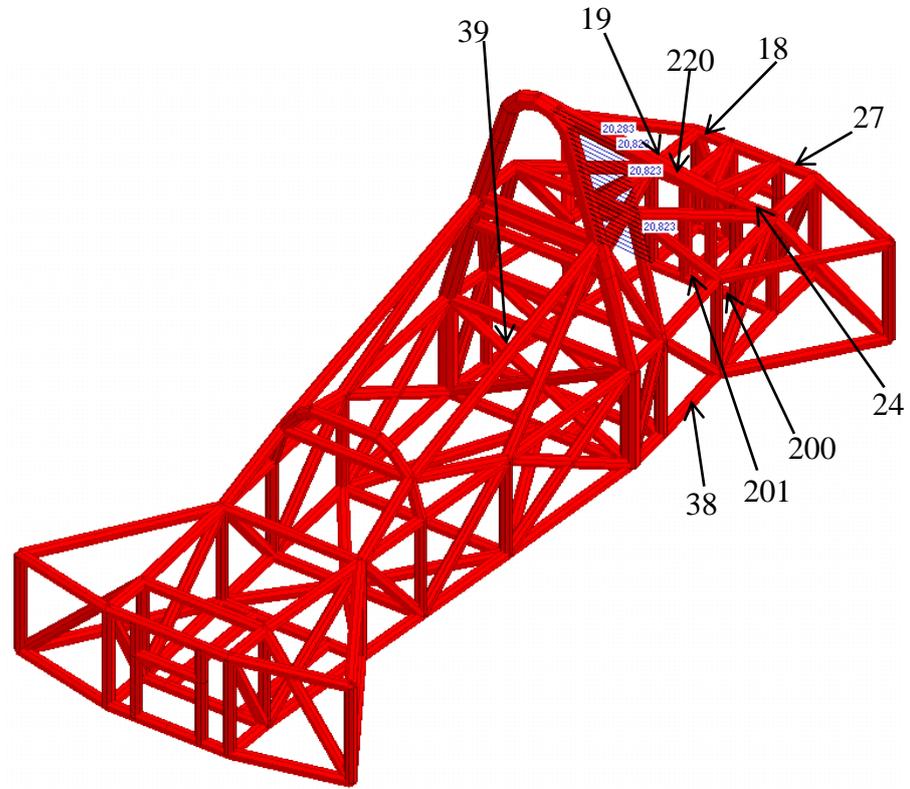


Figura 70 - Aplicação de Uma Carga Lateral de 88299N no arco de segurança

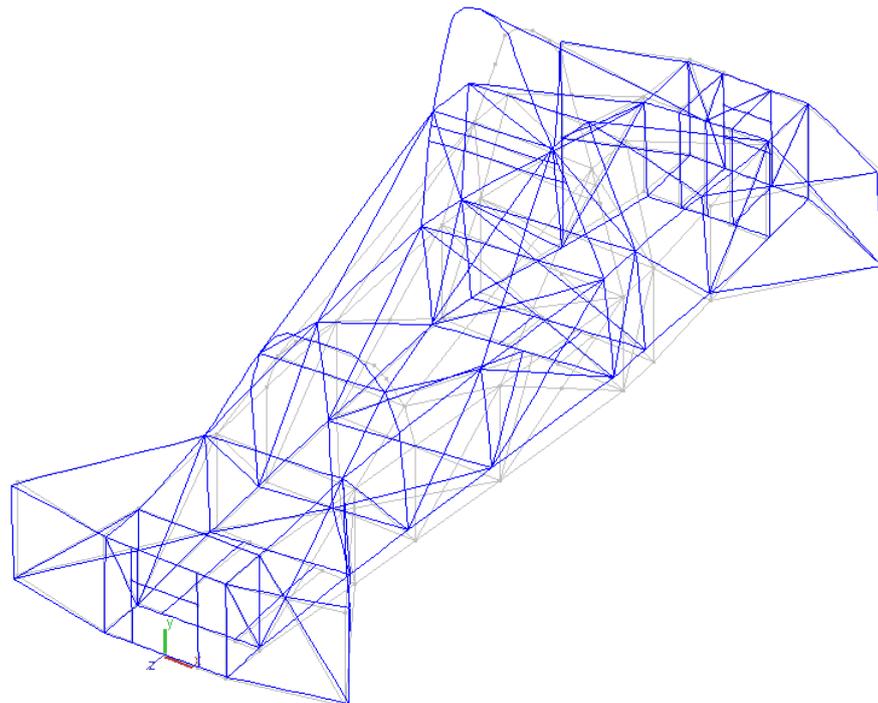


Figura 71 - Deformada devido á Carga Lateral aplicada no arco de segurança

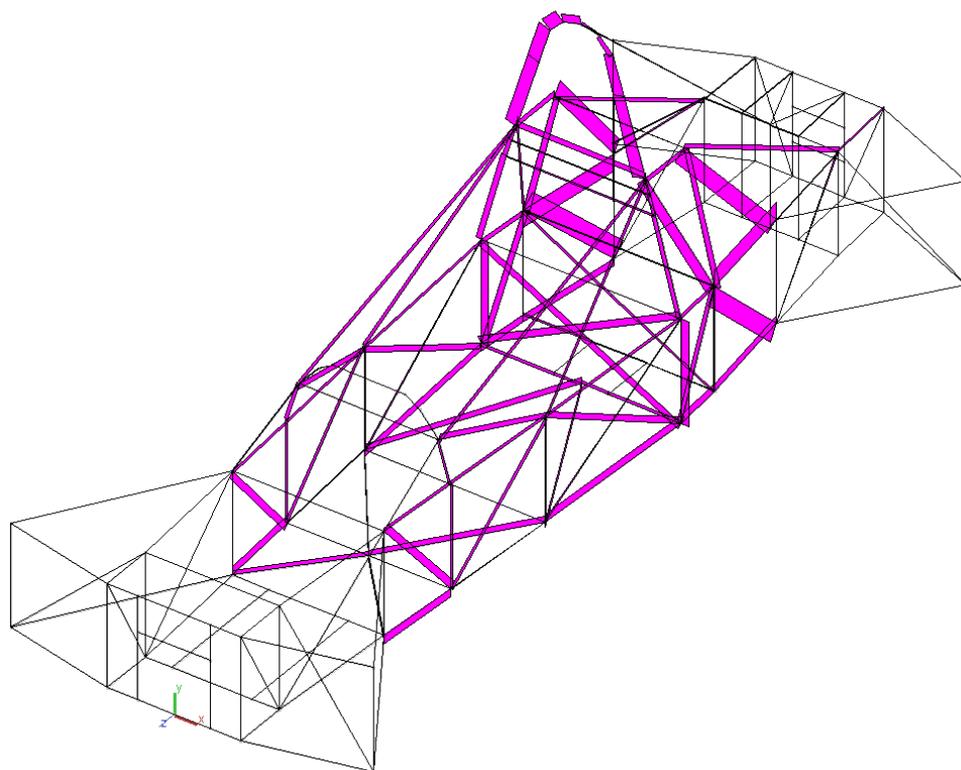


Figura 72 - Esforço Px em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança

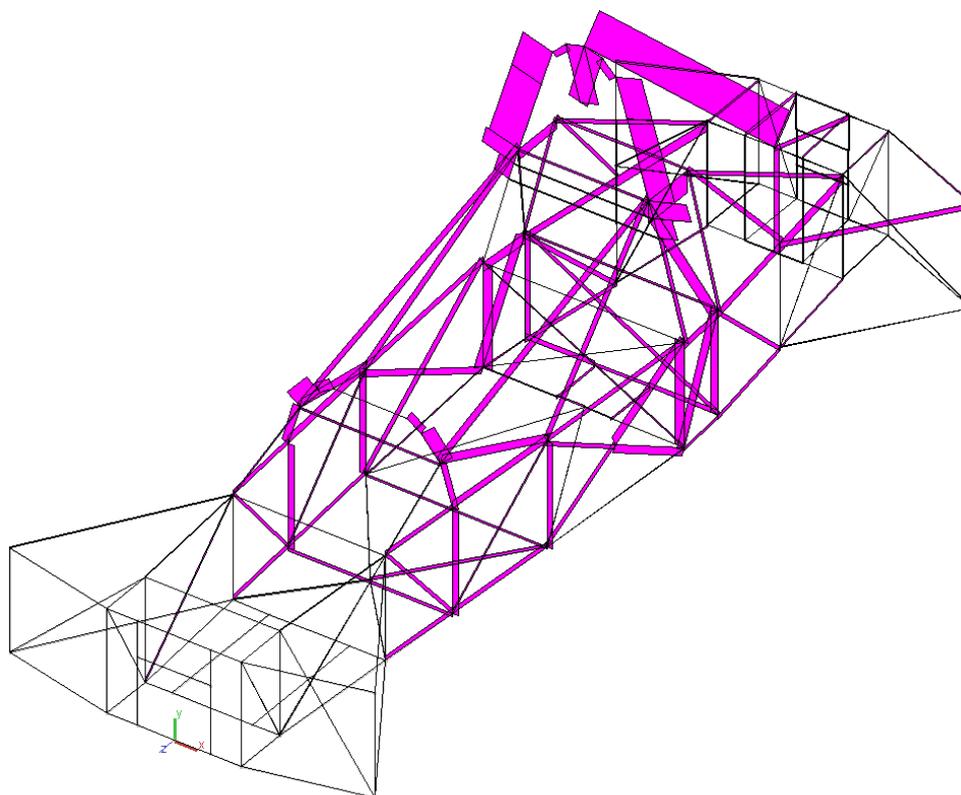


Figura 73 - Esforço Tx em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança

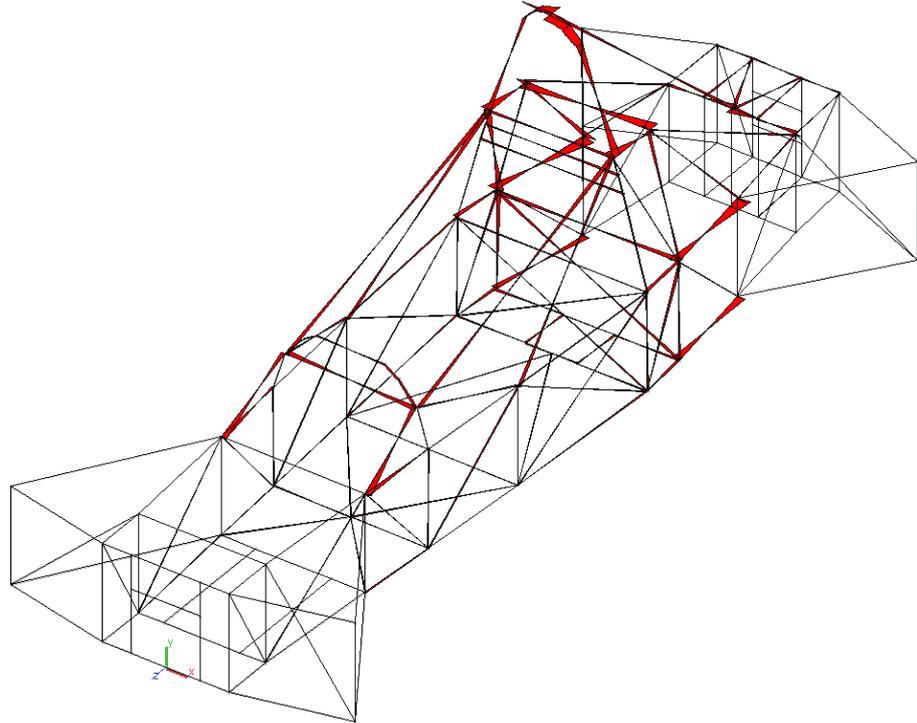


Figura 74 - Esforço  $M_y$  em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança

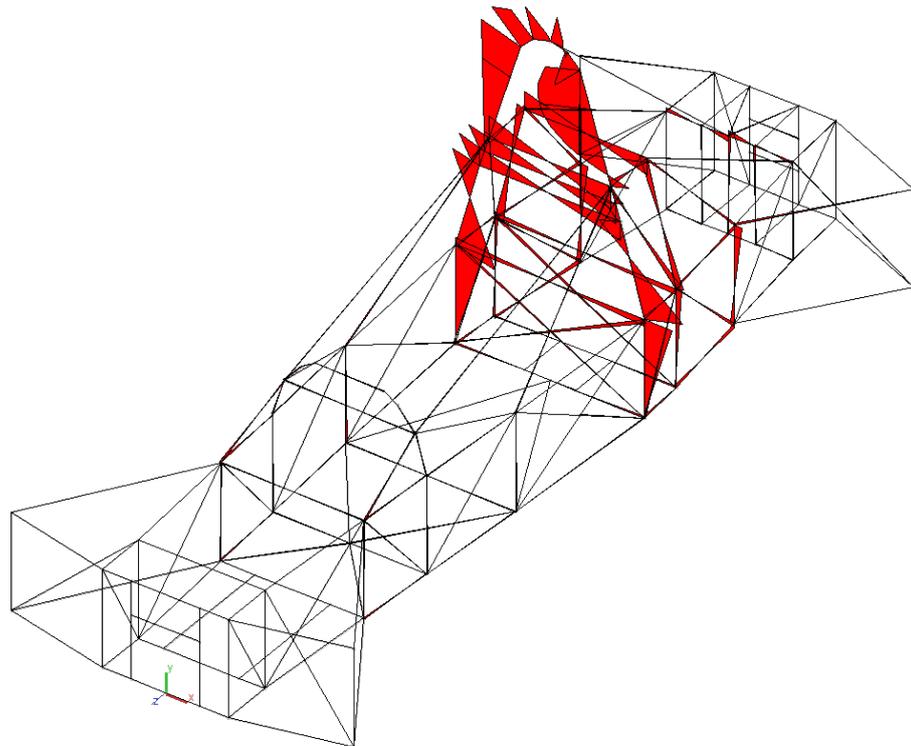


Figura 75 - Esforço  $M_z$  em função da Carga Lateral aplicada no arco de segurança

Tabela 12 - Resultados obtidos para o chassi Spartan evo 2 no caso de Carga Lateral de 8829 N

Spartan Carga Lateral														
Spartan evo 2 45x2,6-----30x1,5(chassi)														
Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]	Momento de Inércia Polar [mm <sup>4</sup> ]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Elemento	Nó	Px [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kN.m]	My [kN.m]	Mz [kN.m]	Mf (total) [kN.m]	τ <sub>xx</sub> [Mpa]	τ <sub>xz</sub> [Mpa]	τ <sub>eq</sub> Tresca [Mpa]
13673,73	27347,47	134,30	23	31	-1,91	-0,76	-0,10	0,00	-0,02	0,14	0,14	155,89	1,10	155,90
13673,73	27347,47	134,30	23	30	1,91	0,76	0,10	0,00	-0,02	0,13	0,13	144,79	-1,10	144,81
13673,73	27347,47	134,30	184	91	-0,07	-0,60	-0,38	0,00	-0,07	0,11	0,13	141,39	-0,55	141,40
13673,73	27347,47	134,30	184	88	0,07	0,60	0,38	0,00	-0,07	0,11	0,13	139,29	0,55	139,29
13673,73	27347,47	134,30	8	33	-0,32	-0,63	-0,07	0,00	-0,01	0,12	0,12	137,70	0,55	137,70
13673,73	27347,47	134,30	8	32	0,32	0,63	0,07	0,00	-0,01	0,12	0,12	132,09	-0,55	132,09
13673,73	27347,47	134,30	9	34	0,42	-0,55	-0,05	0,00	-0,01	0,12	0,12	128,59	0,55	128,59
13673,73	27347,47	134,30	9	35	-0,42	0,55	0,05	0,00	-0,01	0,11	0,11	126,39	-0,55	126,39
13673,73	27347,47	134,30	62	37	-5,80	-0,14	0,43	0,01	0,08	0,02	0,08	87,61	2,74	87,78
13673,73	27347,47	134,30	190	93	5,77	0,14	0,44	0,00	0,08	-0,02	0,08	87,25	2,19	87,36
13673,73	27347,47	134,30	183	31	-1,77	0,38	-0,64	-0,02	0,07	0,03	0,08	82,68	-8,23	84,30
13673,73	27347,47	134,30	193	93	-4,79	-0,05	0,27	0,00	0,07	0,01	0,07	78,90	-1,10	78,93
13673,73	27347,47	134,30	189	37	4,83	0,04	0,26	0,00	0,07	-0,01	0,07	77,49	-1,10	77,53
13673,73	27347,47	134,30	173	30	1,77	-0,41	-0,54	-0,01	0,06	-0,04	0,07	74,99	-3,84	75,39
13673,73	27347,47	134,30	190	23	-5,77	-0,14	-0,44	0,00	0,06	-0,02	0,06	65,77	-2,19	65,92
75625,25	151250,51	333,79	213	103	3,68	0,00	-0,31	-0,02	0,01	0,32	0,32	64,88	-1,79	64,98
13673,73	27347,47	134,30	62	22	5,80	0,14	-0,43	-0,01	0,06	0,02	0,06	63,97	-2,74	64,21
75625,25	151250,51	333,79	216	103	-3,68	0,00	0,31	0,02	-0,01	-0,32	0,32	62,95	1,79	63,06
13673,73	27347,47	134,30	193	88	4,79	0,05	-0,27	0,00	0,05	0,01	0,06	60,54	1,10	60,58
13673,73	27347,47	134,30	219	104	-0,29	0,458	0,532	0	-0,041	0,035	0,05	59,40	0,00	59,40
13673,73	27347,47	134,30	220	104	-0,27	-0,455	-0,535	0	-0,041	0,035	0,05	59,40	0,00	59,40

Neste caso de carga foi aplicada uma carga lateral, no sentido negativo dos eixos dos xx, no arco de segurança como é demonstrado na figura 70.

Esta carga é uma carga distribuída ao longo da lateral do arco de segurança, de modo a criar uma situação mais realista possível.

Como se pode verificar pela tabela 12, todos os elementos da tabela estão dentro do limite elástico definido pelas características do aço utilizado, que é de 750 MPa.

Para uma carga aplicada lateralmente ao arco de segurança de 8829 N pode-se afirmar que o arco de segurança está devidamente dimensionado e que todos os esforços transmitidos são absorvidos pelo chassi.

Como se pode comprovar pelas figuras anteriores, o local onde os esforços são mais significativos são na zona dos triângulos de suspensão traseira e do arco de segurança. O arco de segurança, quando sujeito a um esforço frontal, vai transmitir os esforços ao braço de reforço que por sua vez vai transmitir ao chassi.

É de referir que o programa utilizado neste estudo, Multiframe®, faz a análise estrutural no regime linear elástico, é por esse motivo que a tensões ultrapassam o valor da tensão de cedência do aço utilizado.

5.2.1.4. Carga Vertical Descendente

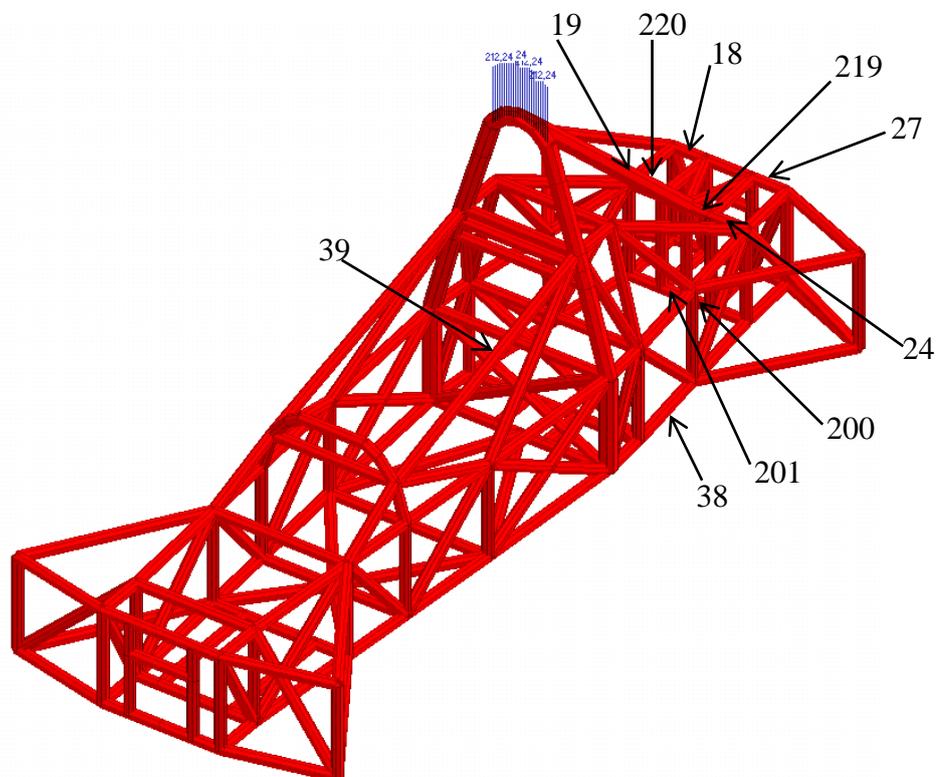


Figura 76 - Aplicação de Uma Carga Vertical Descendente de 32373 N no arco de segurança

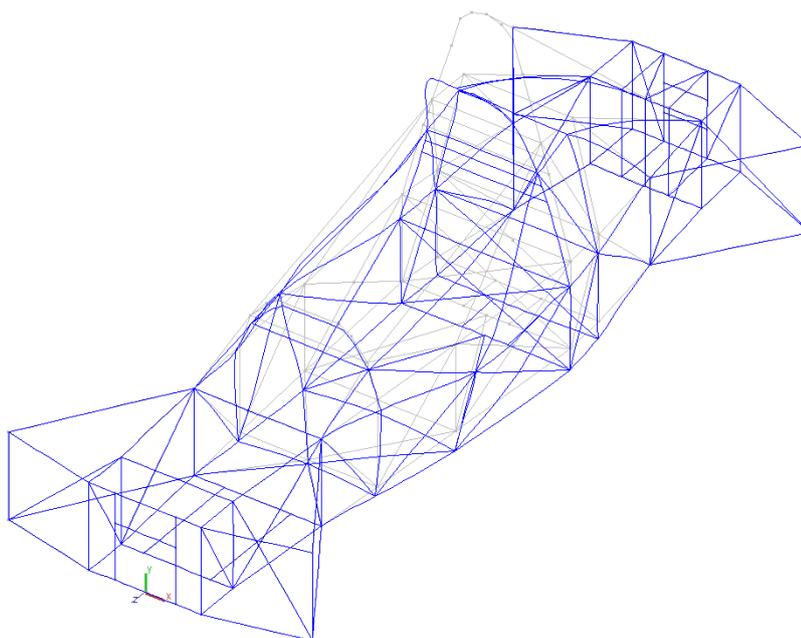


Figura 77 - Deformada devido á carga vertical descendente aplicada no arco de segurança

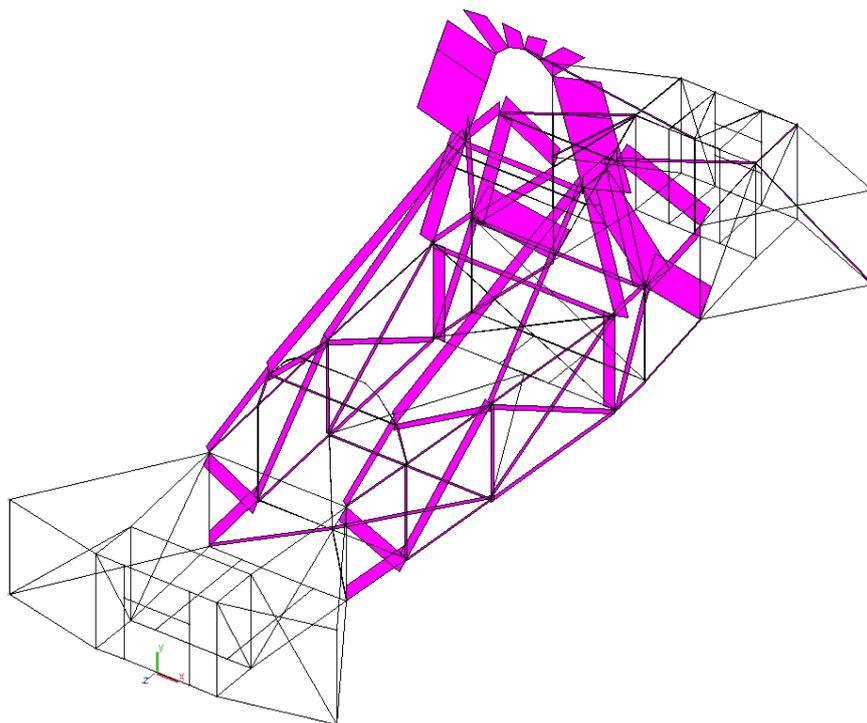


Figura 78 - Esforço Px em função da carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança

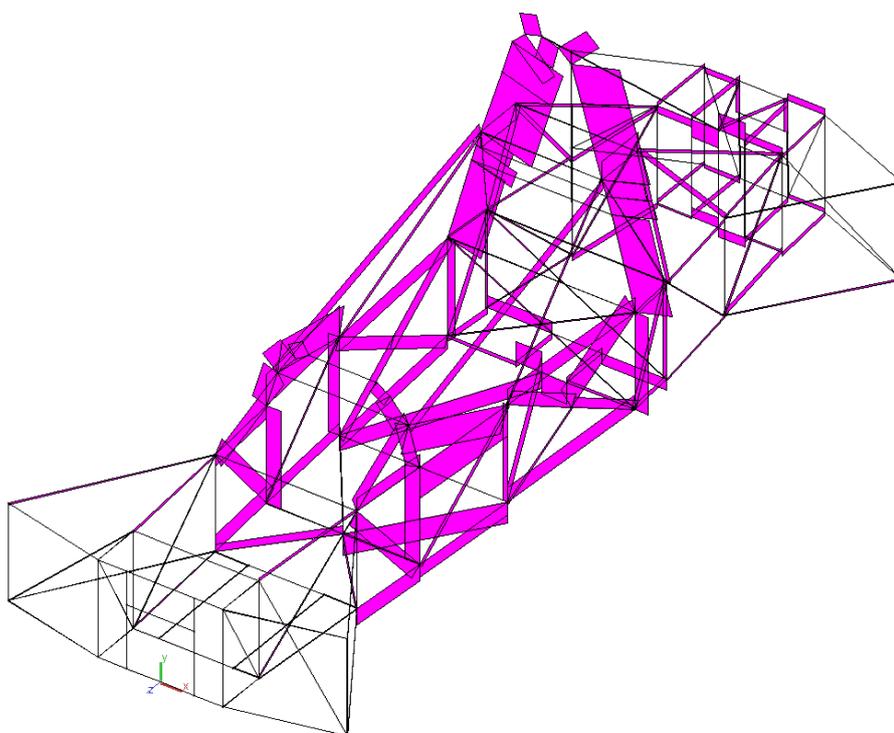


Figura 79 - Esforço Momento Torsor em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança

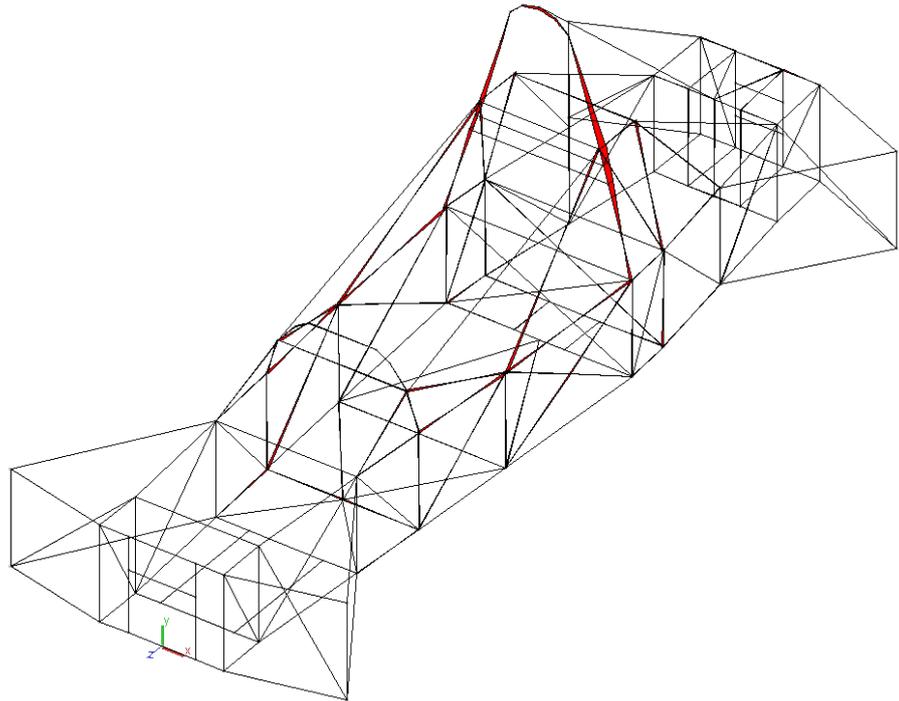


Figura 80 - Esforço  $M_y$  em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança

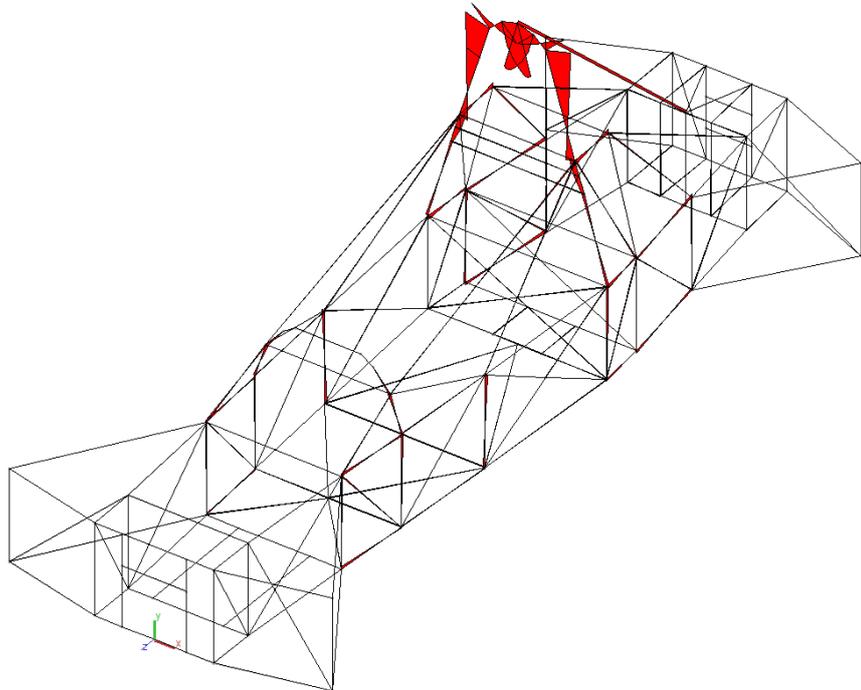


Figura 81 - Esforço  $M_z$  em função da Carga Vertical Descendente aplicada no arco de segurança

Tabela 13 - Resultados obtidos para o chassi Spartan evo 2 no caso de Carga Vertical

Spartan Carga Vertical Descendente														
Spartan evo 2 45x2,6----30x1,5(chassi)														
Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]	Momento de Inércia Polar [mm <sup>4</sup> ]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Elemento	Nó	Px [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kN.m]	My [kN.m]	Mz [kN.m]	Mf (total) [kN.m]	τxx [Mpa]	τxz [Mpa]	teq Tresca [Mpa]
75625,25	151250,51	333,79	5	3	-5,94	1,79	0,17	0,00	0,02	0,31	0,31	62,96	-0,20	62,96
75625,25	151250,51	333,79	4	3	5,96	1,72	0,17	0,00	-0,02	-0,31	0,31	61,09	-0,30	61,09
13673,73	27347,47	134,30	183	31	4,69	-0,41	0,01	0,00	0,00	-0,03	0,03	37,06	1,10	37,13
13673,73	27347,47	134,30	173	30	4,62	-0,41	-0,03	0,00	0,00	-0,03	0,03	35,96	-1,10	36,02
75625,25	151250,51	333,79	213	1	19,27	0,69	0,17	0,01	0,00	0,16	0,16	32,82	0,50	32,83
13673,73	27347,47	134,30	33	59	2,06	-0,32	-0,02	0,00	0,00	-0,03	0,03	31,90	0,00	31,90
75625,25	151250,51	333,79	3	1	-17,30	8,53	-0,17	0,00	0,00	-0,16	0,16	31,85	-0,40	31,86
75625,25	151250,51	333,79	6	5	17,25	8,48	-0,17	0,00	0,00	0,16	0,16	31,82	-0,40	31,83
13673,73	27347,47	134,30	173	88	-4,62	0,41	0,03	0,00	0,00	-0,03	0,03	30,82	1,10	30,90
75625,25	151250,51	333,79	214	5	-19,21	0,65	0,17	0,01	0,00	-0,16	0,16	30,87	0,50	30,88
13673,73	27347,47	134,30	183	91	-4,69	0,41	-0,01	0,00	0,00	-0,03	0,03	30,68	-1,10	30,76
13673,73	27347,47	134,30	34	60	2,05	-0,31	-0,01	0,00	0,00	-0,03	0,03	30,53	0,00	30,53
75625,25	151250,51	333,79	6	4	-11,76	-2,99	0,17	0,00	0,01	0,14	0,14	28,09	0,40	28,10
75625,25	151250,51	333,79	4	2	-8,71	8,53	-0,17	0,00	0,01	0,14	0,14	27,51	0,30	27,51
75625,25	151250,51	333,79	5	4	8,69	8,47	-0,17	0,00	-0,01	-0,14	0,14	27,27	0,20	27,28
75625,25	151250,51	333,79	3	2	11,80	-3,03	0,17	0,00	-0,01	-0,14	0,14	26,67	0,40	26,68
13673,73	27347,47	134,30	190	93	3,79	0,13	0,01	0,00	0,00	-0,02	0,02	23,99	0,00	23,99
13673,73	27347,47	134,30	62	37	3,76	0,12	-0,02	0,00	0,00	-0,02	0,02	22,98	0,00	22,98
13673,73	27347,47	134,30	38	24	0,89	0,12	0,01	0,00	0,00	-0,02	0,02	22,91	0,00	22,91
13673,73	27347,47	134,30	39	25	1,00	0,12	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,02	22,88	0,00	22,88
13673,73	27347,47	134,30	163	69	2,24	0,00	0,09	0,00	0,02	0,00	0,02	20,84	1,65	21,10

Neste caso de carga foi aplicada uma carga vertical descendente, no arco de segurança como é demonstrado na figura 76.

Esta carga é uma carga distribuída ao longo do topo do arco de segurança, de modo a criar uma situação mais realista possível.

Como se pode verificar pela tabela 13, todos os elementos da tabela estão dentro do limite elástico definido pelas características do aço utilizado, que é de 750 MPa.

Para uma carga aplicada verticalmente ao arco de segurança de 32373 N, pode-se afirmar que o arco de segurança está devidamente dimensionado e que todos os esforços transmitidos são absorvidos pelo chassi.

Como se pode comprovar pelas figuras anteriores, o local onde os esforços são mais significativos são na zona dos triângulos de suspensão traseira e do arco de segurança. O arco de segurança, quando sujeito a um esforço frontal, vai transmitir os esforços ao braço de reforço que por sua vez vai transmitir ao chassi.

É de referir que o programa utilizado neste estudo, Multiframe®, faz a análise estrutural no regime linear elástico, é por esse motivo que a tensões ultrapassam o valor da tenção de cedência do aço utilizado.

### 5.3. Caso Torção Gloria B4

Como base de comparação de resultados, primeiro fez-se uma análise a um chassi já no mercado, de modo a que o chassi em desenvolvimento, garanta alguns parâmetros mínimos. Estes não estão pré definidos pelo regulamento da Formula “Tuga” da FPAK.

Estes dados técnicos, como a rigidez á torção, são parâmetros fundamentais para um bom desempenho do chassi, tanto a nível de segurança como a nível do seu comportamento em corrida.

Após alguma pesquisa, os valores encontrados para a rigidez á torção, além de serem muito variáveis, são muito imprecisos, pois não existe uma explicação do método de execução, nem de cálculo da rigidez á torção. Por este motivo optou-se por analisar um chassi, Gloria B4, e utilizar os valores deste como valores de referência, de modo a que o chassi em desenvolvimento tenha valores ainda melhores.

Para executar este caso de torção aplicou-se nos nós pretendidos, ou no arco de segurança ou nas extremidades dos triângulos traseiros, quatro encastramentos de modo a fixar essa zona do chassi e nas extremidades dos triângulos dianteiros aplicaram-se várias cargas de modo a que houve-se torção no chassi, como demonstra a figura 82 e 83.

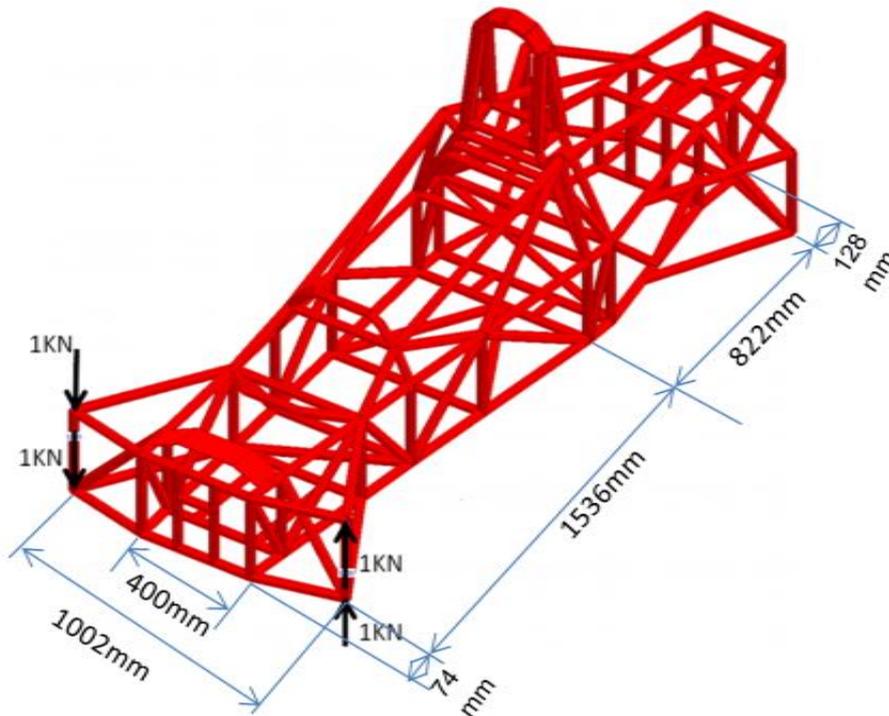


Figura 82 - Chassi Gloria B4 com cargas á Torção de 2 KN.m

### 5.3.1. Caso de Torção entre o Triângulo Frontal e Triângulo Traseiro

#### 5.3.1.1. Condições de Fronteira

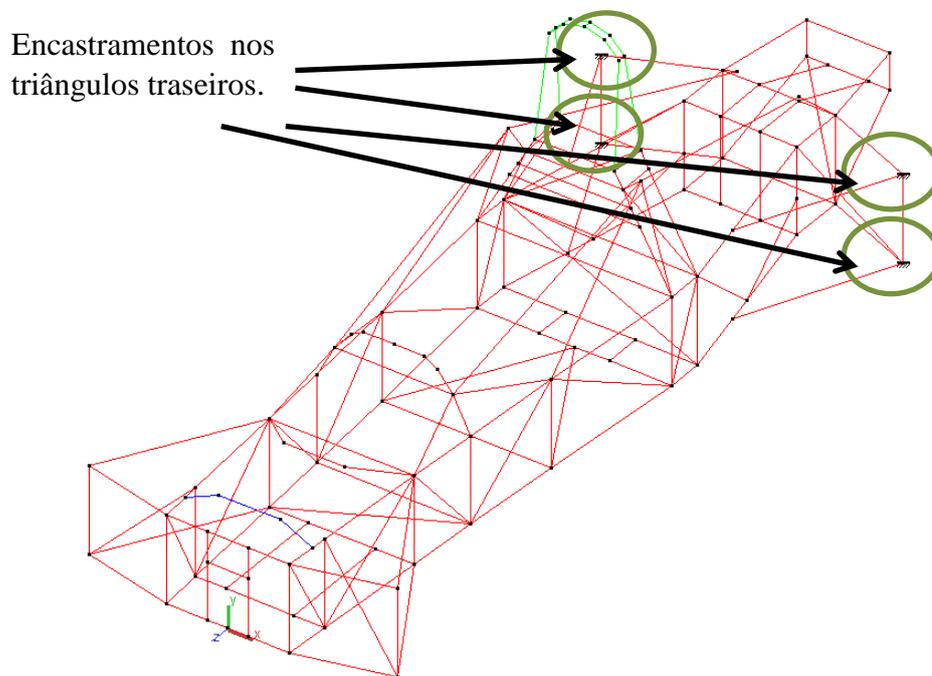


Figura 83 – Condições de fronteira, quatro encastramentos nos triângulos traseiros

#### 5.3.1.2. Deformada

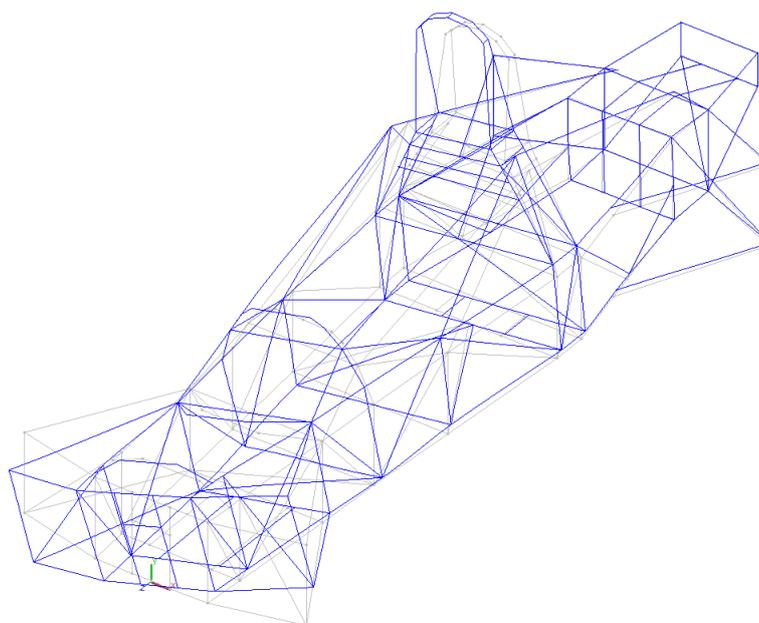


Figura 84 – Deformada do chassi Gloria B4 para uma carga de 2 KN.m devido ao efeito de Torção entre os Triângulos traseiros e dianteiros

Tabela 14 – Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre os Triângulos dianteiros e traseiros

Carga aplicada de 2 kNxm							
Tubos Usados		Ângulo					
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Entre triângulos (2358mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Gloria B4	φ28x2	φ28x1,5	110	9,823	9,819	1002	1,079
			111	9,815			
			112	9,057	9,054		
			113	9,050			

### 5.3.2. Caso de Torção entre o Frente do chassi e Triângulo Traseiro

#### 5.3.2.1. Condições de Fronteira

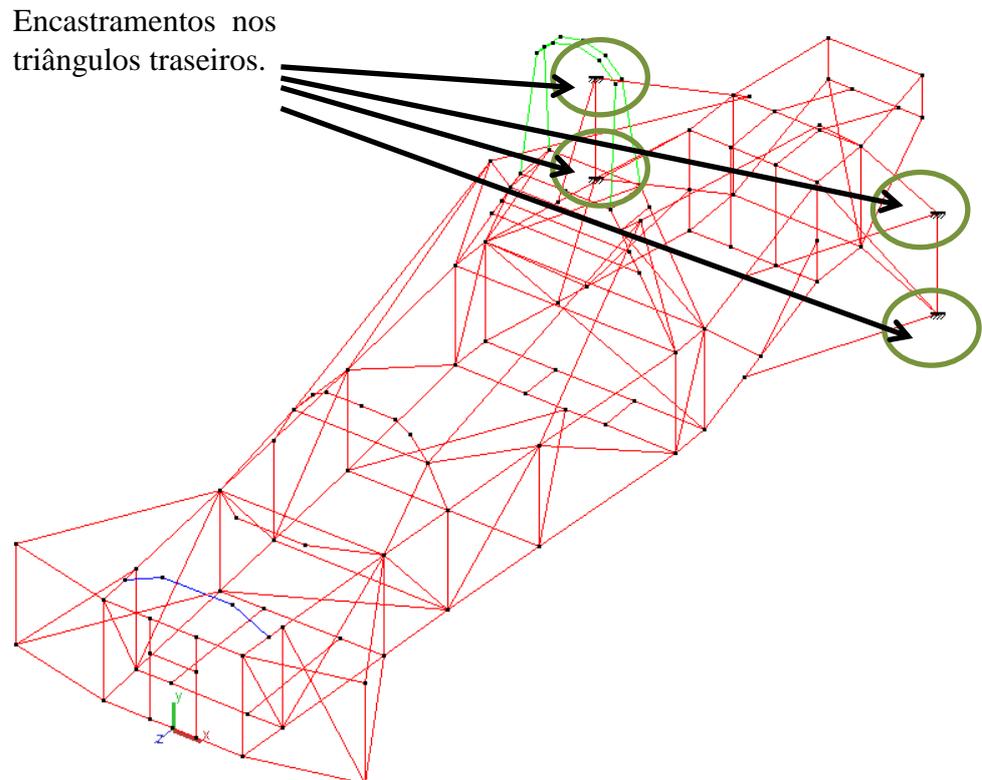


Figura 85 - Condições de fronteira para o caso de torção entre Frente do chassi e Triângulo traseiro

5.3.2.2. Deformada

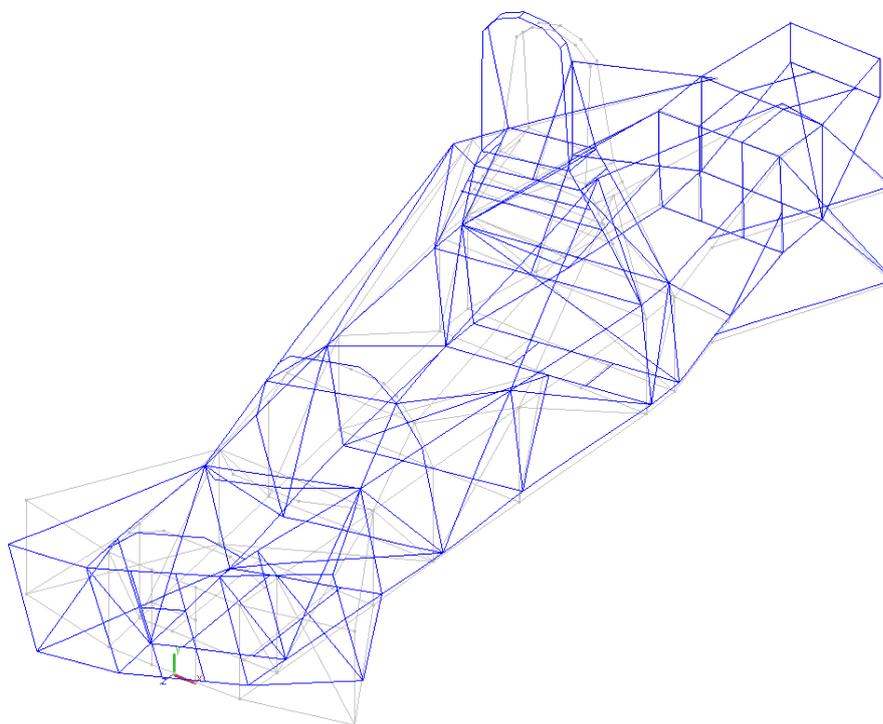


Figura 86 - Deformada do chassi Gloria B4 para uma carga de 2 KN.m devido ao efeito de Torção

Tabela 15 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre a Frente e os Triângulos Traseiros

Carga aplicada de 2 kNxm							
Tubos Usados		Ângulo					
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Frente e Triângulo Traseiro (2430mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Gloria B4	φ28x2	φ28x1,5	73	4,946	4,948	400	1,390
			74	4,949			
			79	4,756	4,757		
			80	4,758			

### 5.3.3. Caso de Torção entre o Arco de Segurança e Triângulo Traseiro

#### 5.3.3.1. Condições de Fronteira

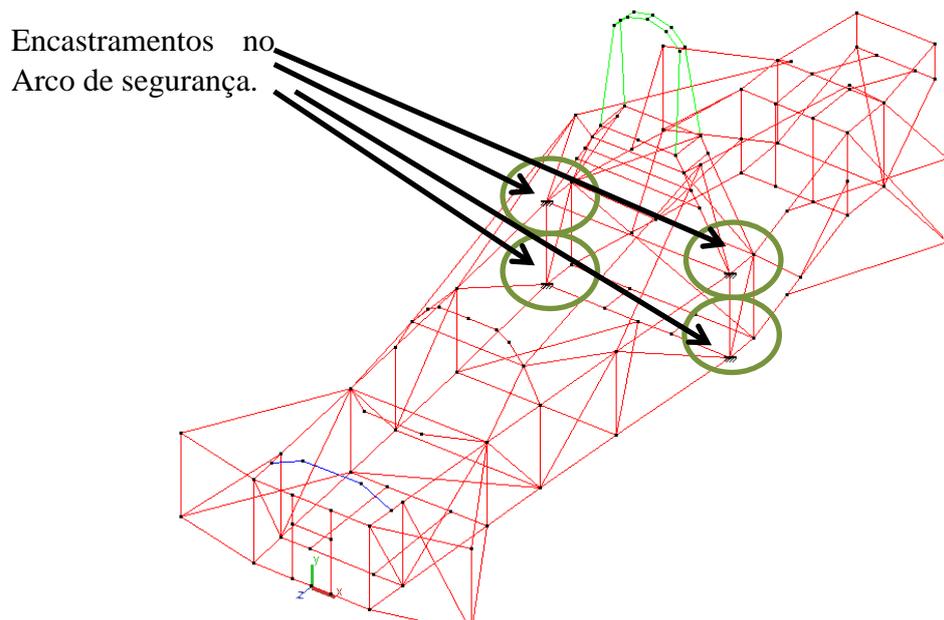


Figura 87 – Condições de fronteira para o caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo Traseiro

#### 5.3.3.2. Deformada

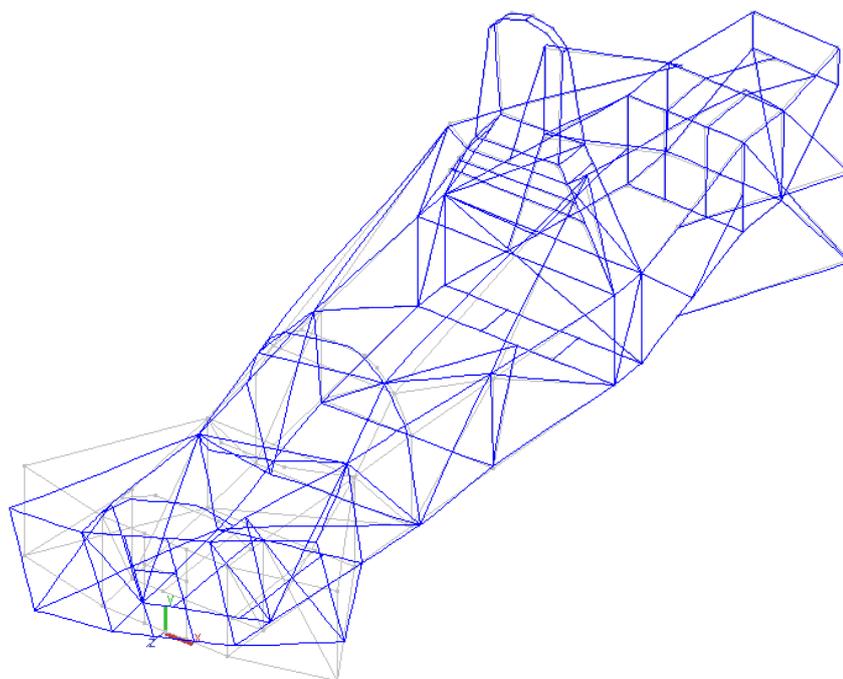


Figura 88 – Deformada para o caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo Traseiro

Tabela 16 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre o Arco de segurança e Triângulo Traseiro

Carga aplicada de 2 kNxm							
Tubos Usados		Ângulo					
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Arco de segurança e Triângulo Traseiro (822mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Gloria B4	φ28x2	φ28x1,5	1	3,346	3,342	630	0,605
			67	3,338			
			69	3,306	3,310		
			71	3,313			

### 5.3.4. Caso de Torção entre o Frente do chassi e última fixação do Triângulo Traseiro

#### 5.3.4.1. Condições de Fronteira

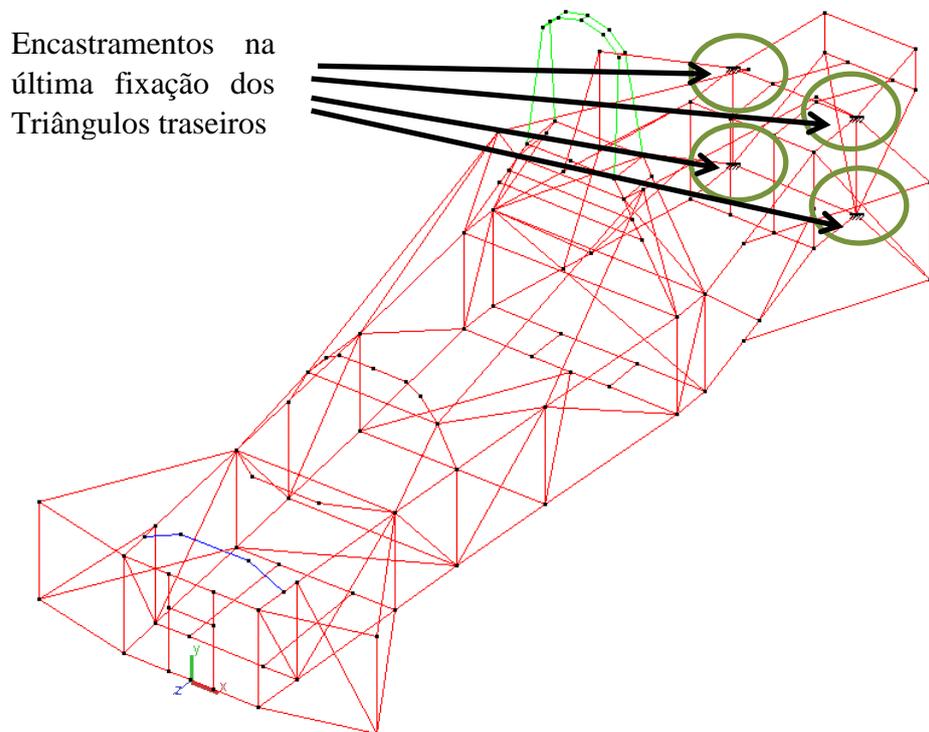


Figura 89 – Condições de fronteira do caso de Torção entre a Frente e a última fixação dos Triângulos traseiros

5.3.4.2. Deformada

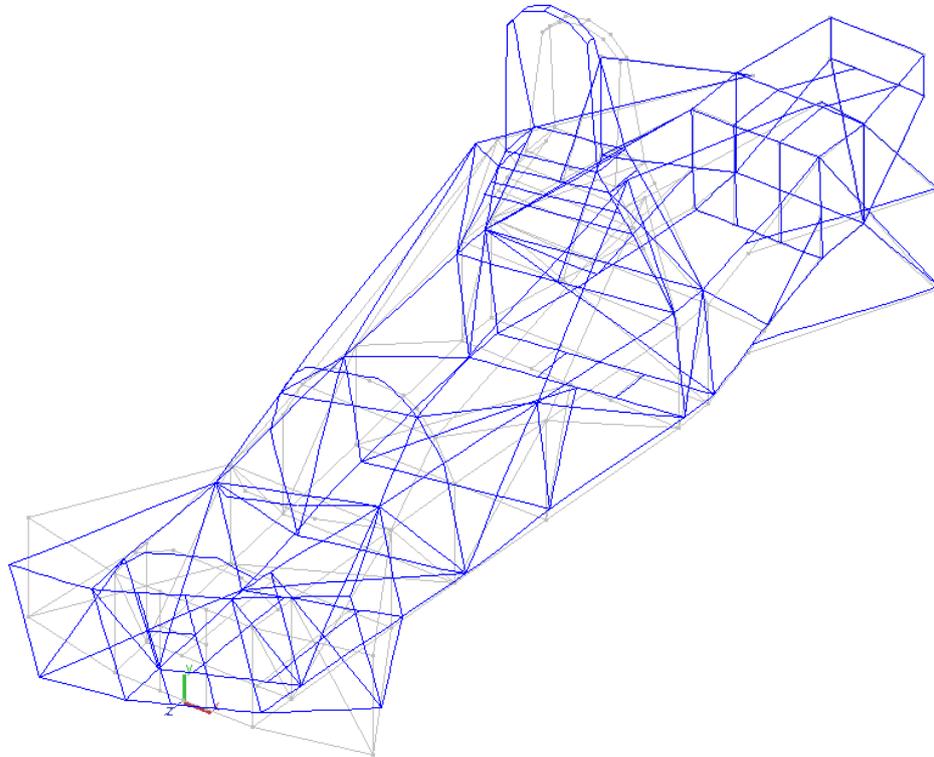


Figura 90 - Deformada do chassi Gloria B4 para uma carga de 2 KN.m devido ao efeito de Torção entre a Frente do chassi e última fixação dos Triângulos traseiros

Tabela 17 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre a Frente e a última fixação dos Triângulos Traseiros

Carga aplicada de 2 kNxm							
Tubos Usados		Ângulo					
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Frente e última fixação do Triângulo Traseiro(2558mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Gloria B4	φ28x2	φ28x1,5	73	3,413	3,414	400	1,082
			74	3,414			
			79	4,143	4,143		
			80	4,143			

### 5.3.5. Caso de Torção entre o Frente do chassi e o Arco de Segurança

#### 5.3.5.1. Condições de Fronteira

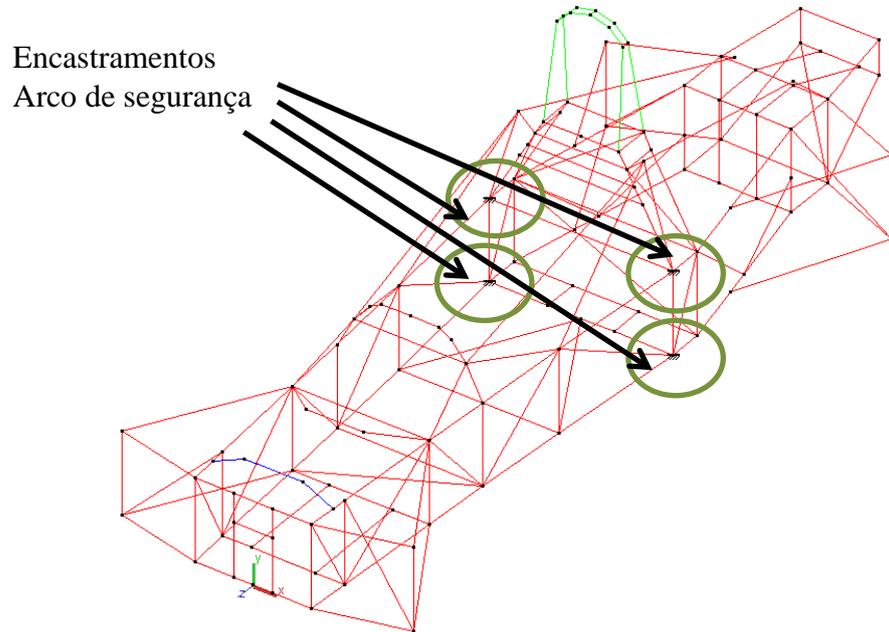


Figura 91 – Condições de fronteira para o caso de torção entre a frente do chassi e o arco de segurança

#### 5.3.5.2. Deformada

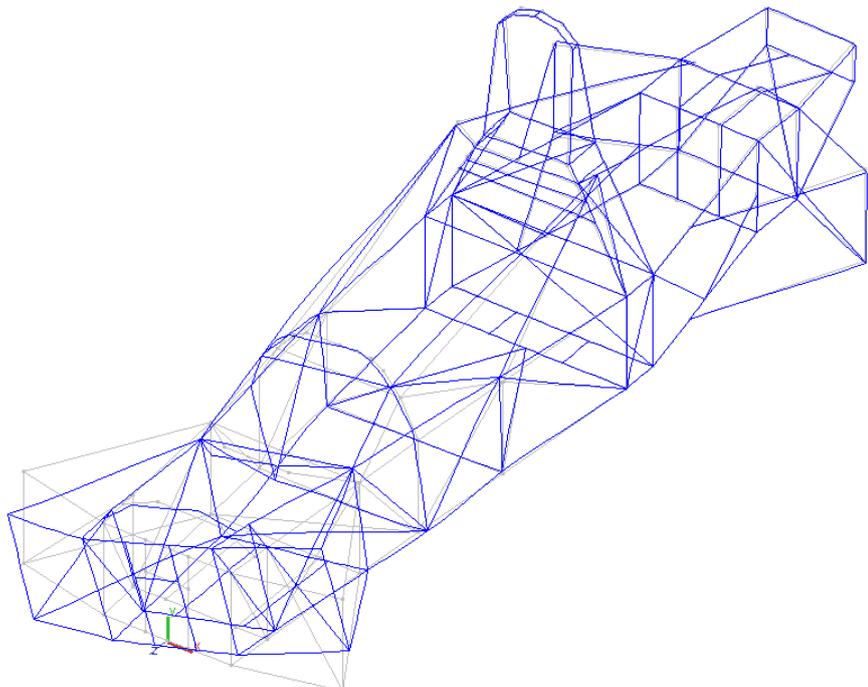


Figura 92 – Deformada para o caso de torção entre a frente do chassi e o arco de segurança

Tabela 18 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre a Frente e o Arco de segurança

Carga aplicada de 2 kNm							
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Frente e Arco de segurança (1608mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Gloria B4	φ28x2	φ28x1,5	73	1,632	1,632	400	0,574
			74	1,631			
			79	2,376	2,376		
			80	2,375			

#### 5.4. Caso Torção Spartan evo 2

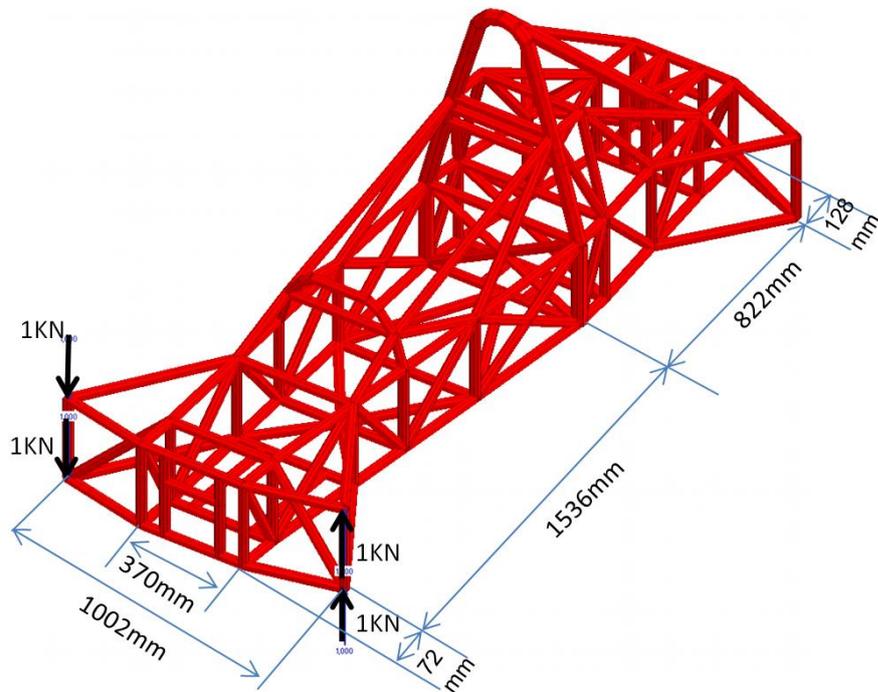


Figura 93 - Chassi Spartan evo 2 com cargas á Torção de 2 KN.m

### 5.4.1. Caso de Torção entre o Triângulo Frontal e Triângulo Traseiro

#### 5.4.1.1. Condições de Fronteira

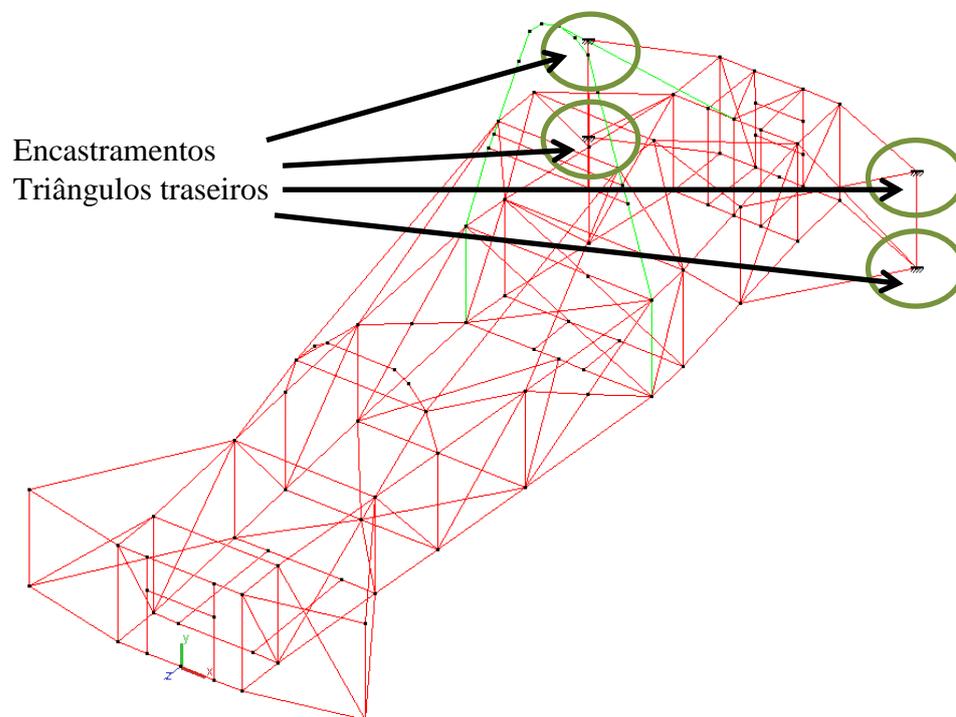


Figura 94 – Condições de fronteira para o caso de torção entre triângulos

#### 5.4.1.2. Deformada

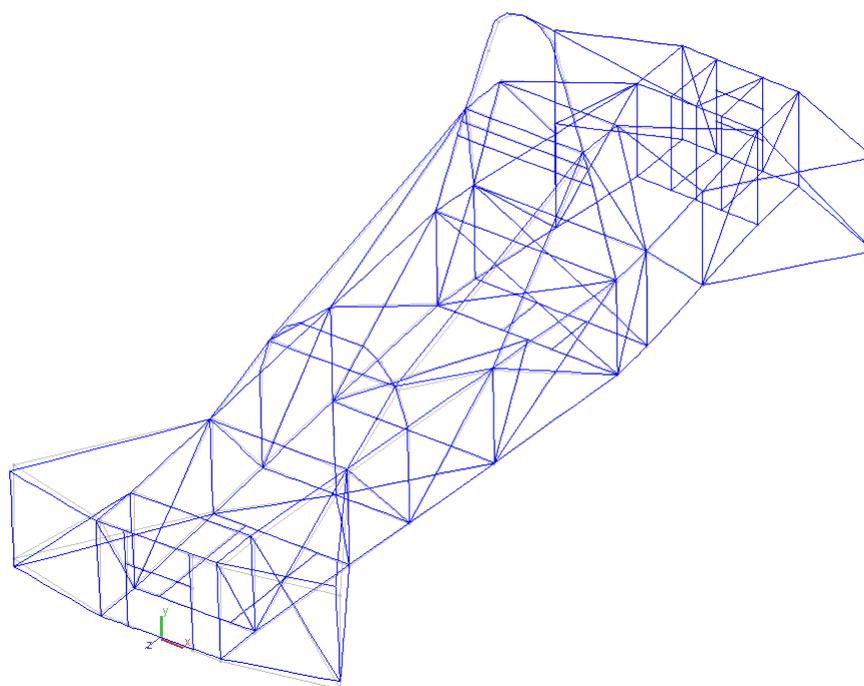


Figura 95 - Deformada do chassi Spartan evo 2 para o caso de torção entre triângulos

Tabela 19 - Deslocamento vertical e ângulo de rotação entre Triângulos

Carga aplicada de 2 kNxm							
Tubos Usados		Ângulo					
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Entre triângulos (2358mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Spartan E1 EVO 2	φ45x2,6	φ30x1,5	82	8,877	8,874	1002	1,007
			83	8,871			
			84	8,750	8,747		
			85	8,743			

### 5.4.2. Caso de Torção entre o Frente e Triângulo Traseiro

#### 5.4.2.1. Condições de Fronteira

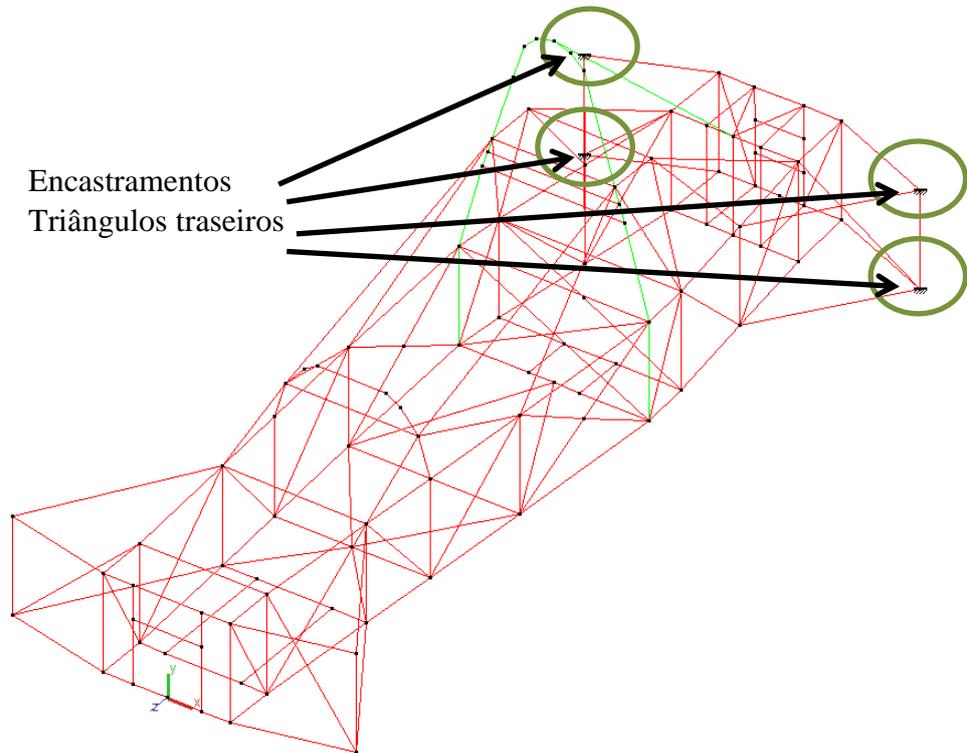


Figura 96 - Condições de fronteira para o caso de torção entre A Frente do Chassi e Triângulos Traseiros

5.4.2.2. Deformada

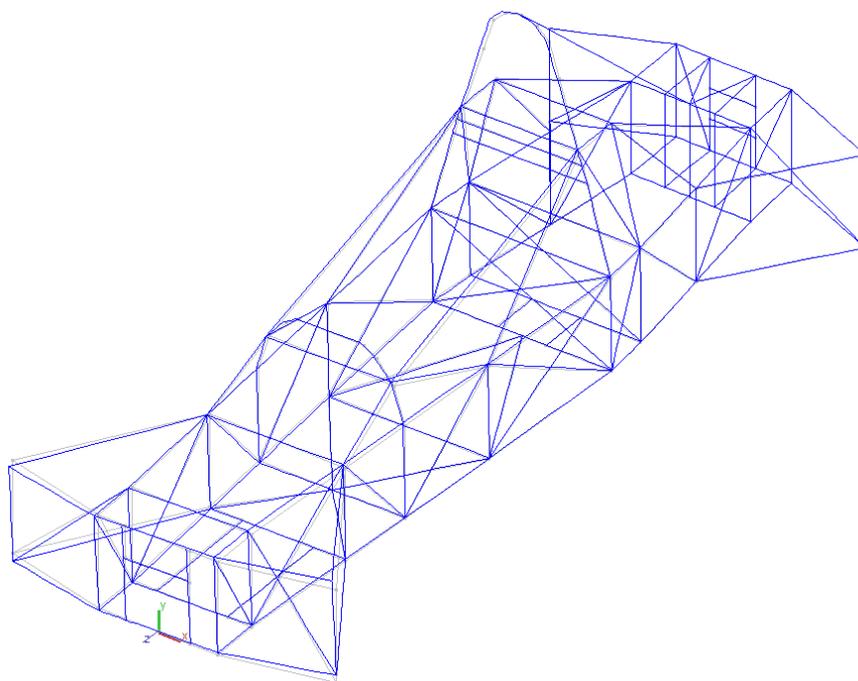


Figura 97 - Deformada do chassi Spartan evo 2 para o caso de torção entre a Frente do Chassi e os Triângulos Traseiros

Tabela 20 – Valores da deformada e ângulo de torção para uma carga de 2KN.m

Carga aplicada de 2 kNxm							
Tubos Usados		Ângulo					
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Frente e Triângulo Traseiro (2430mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Spartan E1 EVO 2	φ45x2,6	φ30x1,5	44	3,329	3,329	370	1,010
			41	3,328			
			43	3,198	3,197		
			42	3,196			

### 5.4.3. Caso de Torção entre o Arco de Segurança e Triângulo Traseiro

#### 5.4.3.1. Condições de Fronteira

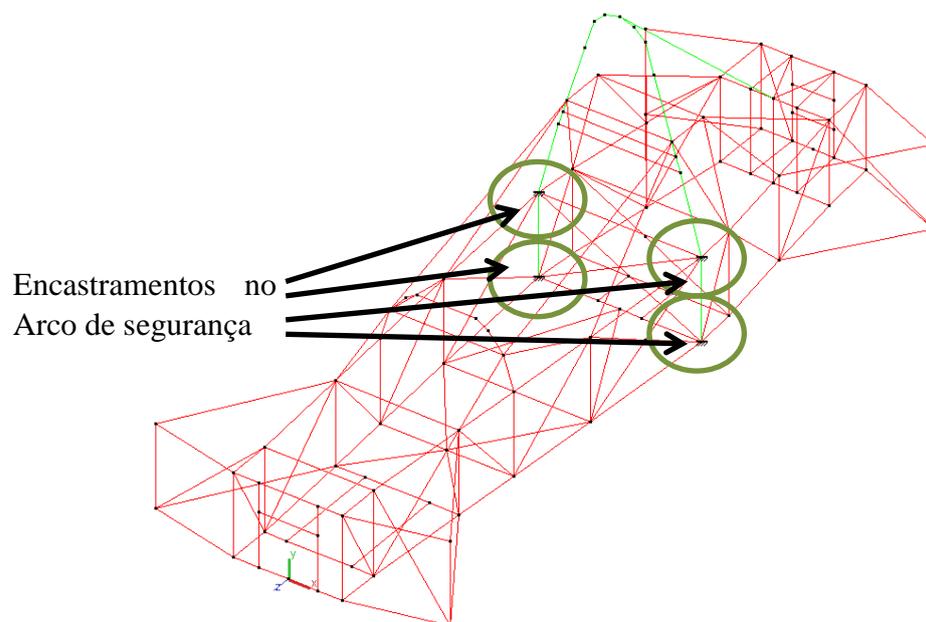


Figura 98 - Condições de fronteira para o caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo traseiro

#### 5.4.3.2. Deformada

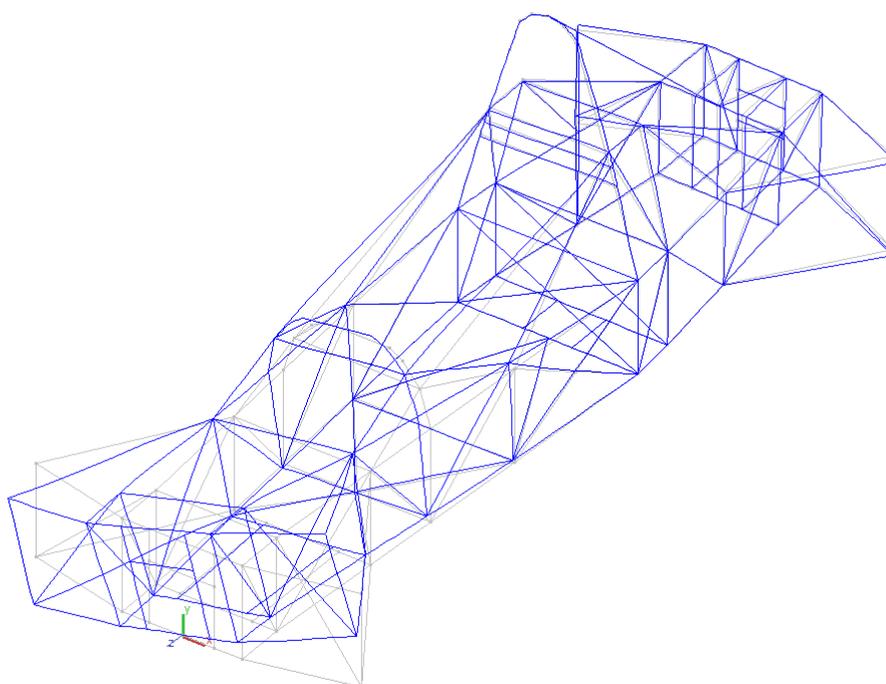


Figura 99 - Deformada para o caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo traseiro

Tabela 21 - Valores da deformada e ângulo de rotação no caso de torção entre o Arco de segurança e Triângulo traseiro

Carga aplicada de 2 kNxm							
Tubos Usados		Ângulo					
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Arco de segurança e Triângulo Traseiro (822mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Spartan E1 EVO 2 φ45x2,6	φ30x1,5	59	1,668	1,667	554	0,340	
		57	1,666				
		60	1,622	1,621			
		58	1,620				

#### 5.4.4. Caso de Torção entre Frente e última fixação do Triângulo Traseiro

##### 5.4.4.1. Condições de Fronteira

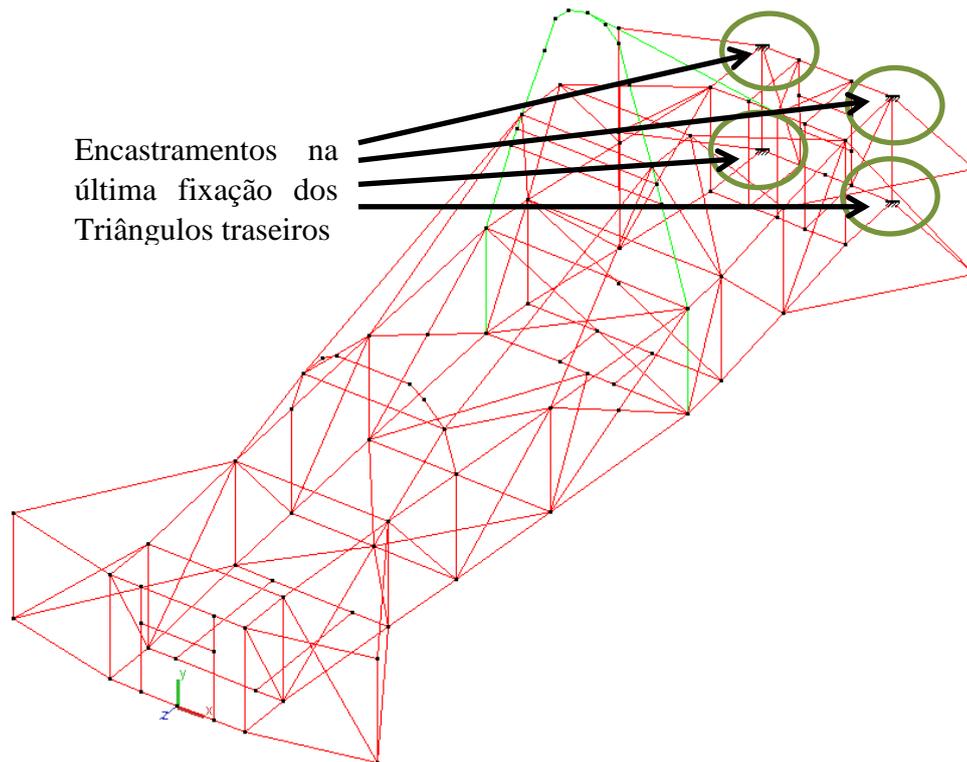


Figura 100 - Condições de fronteira para o caso de torção entre a Frente do chassi Triângulo traseiro

5.4.4.2. Deformada

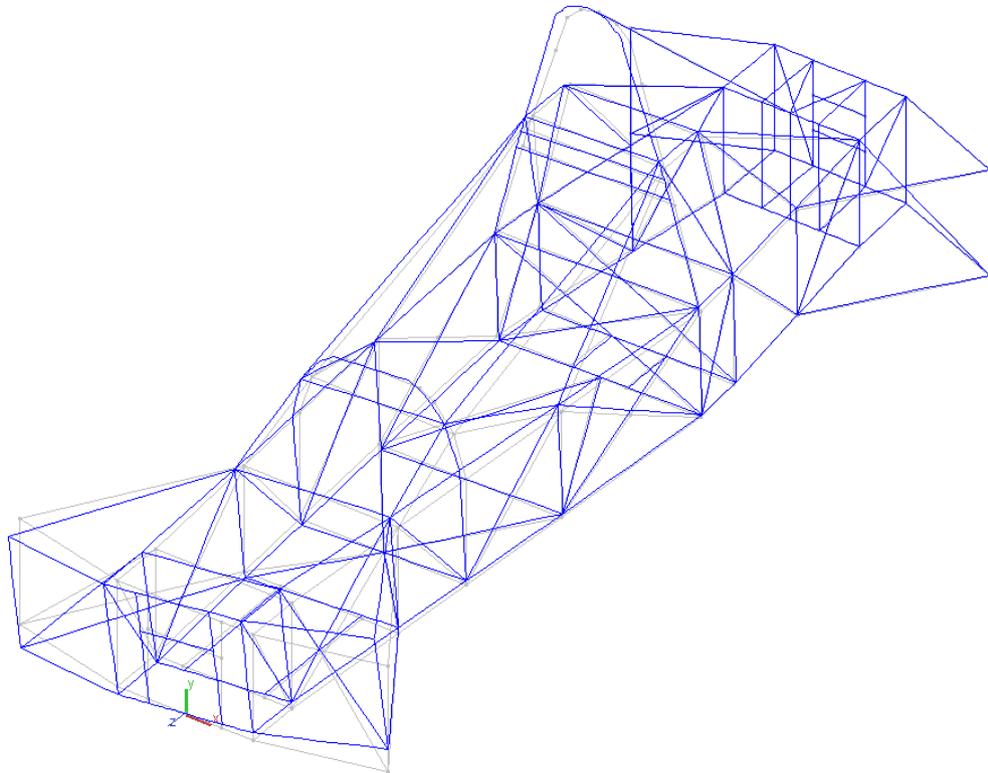


Figura 101 – Deformada para o caso de torção entre a Frente do chassi e a última fixação do Triângulo traseiro

Tabela 22 - Valores da deformada e ângulo de rotação no caso de torção entre a Frente do chassi e a última fixação do Triângulo traseiro

Carga aplicada de 2 kNxm							
Tubos Usados		Ângulo					
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Frente e última fixação do Triângulo Traseiro(2558mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Spartan E1 EVO 2	φ45x2,6	φ30x1,5	44	2,545	2,545	370	0,806
			41	2,544			
			43	2,659	2,659		
			42	2,659			

### 5.4.5. Caso de Torção entre Frente e Arco de Segurança

#### 5.4.5.1. Condições de Fronteira

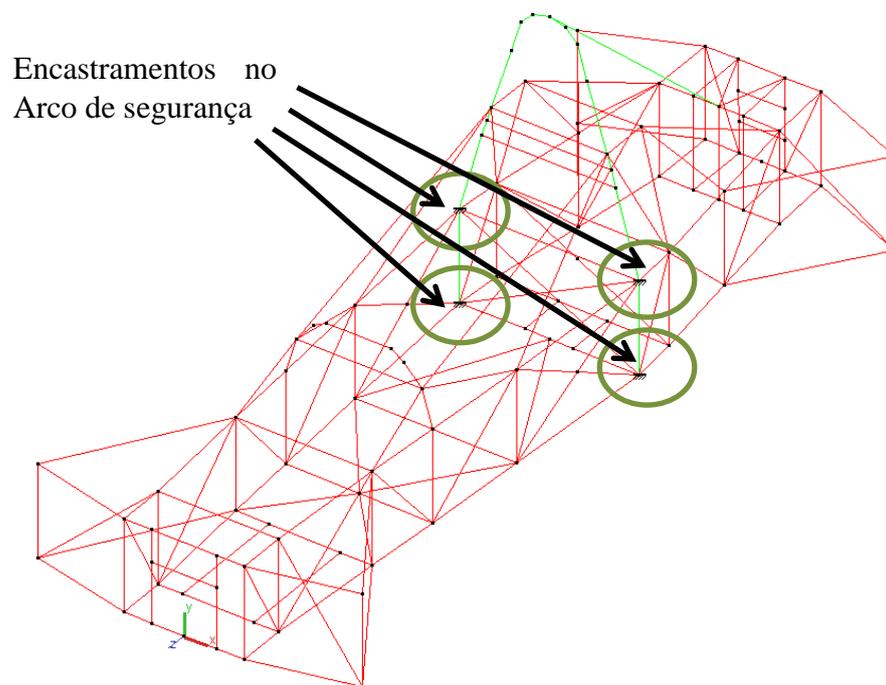


Figura 102 - Condições de fronteira para o caso de torção entre a Frente do chassi e o Arco de segurança

#### 5.4.5.2. Deformada

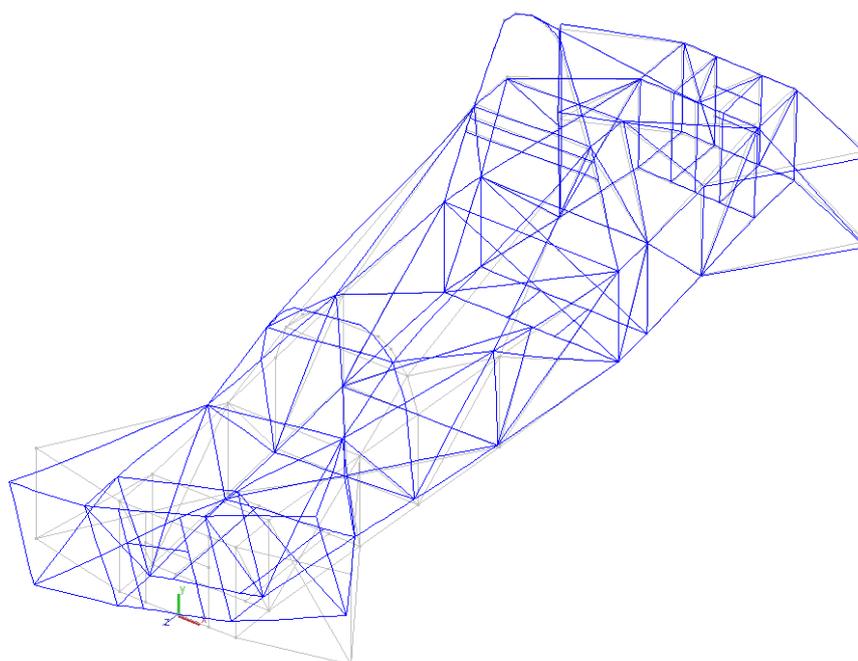


Figura 103 – Deformada para o caso de torção entre a Frente do chassi e o Arco de segurança

Tabela 23 - Valores da deformada e ângulo de rotação no caso de torção entre a Frente do chassi e o Arco de segurança

Carga aplicada de 2 kNxm							
Barra de Segurança Traseira (mm)	Chassi (mm)	Frente e Arco de segurança (1608mm)					
		Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Spartan E1 EVO 2	φ45x2,6	φ30x1,5	43	1,302	1,302	370	0,402
			42	1,302			
			44	1,297	1,297		
			41	1,297			

Tabela 25 - Valores da Deformada para uma carga de 2KNxm

Carga aplicada de 2 kN														
Tubos Usados				Nº de Barras de Segurança	Ângulo									
Barra de Segurança Traseira (mm)	Barra de segurança frontal (mm)	Chassi (mm)	entre triângulos (2358mm)					frente e Barra de segurança (1608mm)						
			Nó:		Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Gloria B4	φ28x2	φ28x1,5	φ28x1,5	1	110	9,823	9,819	1002	1,079	73	1,632	1,632	400	0,574
					111	9,815				74	1,631			
					112	9,057	9,054			79	2,376	2,376		
					113	9,050				80	2,375			
Spartan E1	φ45x2,6	φ30x1,5	φ30x1,5	1	92	7,125	7,122	1002	0,814	52	1,266	1,267	370	0,392
					93	7,119				49	1,267			
					90	7,118	7,115			51	1,264	1,265		
					91	7,111				50	1,265			
Spartan E1 EVO 2	φ45x2,6	φ30x1,5	φ30x1,5	1	82	8,877	8,874	1002	1,007	43	1,302	1,302	370	0,402
					83	8,871				42	1,302			
					84	8,750	8,747			44	1,297	1,297		
					85	8,743				41	1,297			

Tabela 24 - Valores da Deformada para uma carga de 2 KN.m

Carga aplicada de 2 kN														
Tubos Usados				Nº de Barras de Segurança	Ângulo									
Barra de Segurança Traseira (mm)	Barra de segurança frontal (mm)	Chassi (mm)	frente e Triângulo Traseiro (2430mm)					Barra de segurança Traseira e Triângulo Traseiro						
			Nó:		Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	Nó:	Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	
Gloria B4	φ28x2	φ28x1,5	φ28x1,5	1	73	4,946	4,948	400	1,390	1	3,346	3,342	630	0,605
					74	4,949				67	3,338			
					79	4,756	4,757			69	3,306	3,310		
					80	4,758				71	3,313			
Spartan E1	φ45x2,6	φ30x1,5	φ30x1,5	1	52	2,586	2,586	370	0,802	43	0,295	0,295	554	0,061
					49	2,586				45	0,295			
					51	2,595	2,595			46	0,294	0,294		
					50	2,594				47	0,294			
Spartan E1 EVO 2	φ45x2,6	φ30x1,5	φ30x1,5	1	44	3,329	3,329	370	1,010	59	1,668	1,667	554	0,340
					41	3,328				57	1,666			
					43	3,198	3,197			60	1,622	1,621		
					42	3,196				58	1,620			

Tabela 26 - Valores da Deformada, Peso Próprio e Rigidez Torsional para uma carga de 2 KN.m

Carga aplicada de 2 kN													
Tubos Usados				Nº de Barras de Segurança	Ângulo					Rigidez Torsional			
Barra de Segurança Traseira (mm)	Barra de segurança frontal (mm)	Chassi (mm)	Frente e última fixação do Triângulo Traseiro(2558mm)					Peso próprio					
			Nó:		Deslocamento Vertical (mm)	Valores médios (mm)	Distância (mm)	Ângulo de rotação	Nó	Valor da reacção(KN)	Peso total (Kg)		
Gloria B4	φ28x2	φ28x1,5	φ28x1,5	1	73	3,413	3,414	400	1,082	113	0,158	70,85	3,5
					74	3,414				111	0,159		
					79	4,143	4,143			52	0,189		
					80	4,143				56	0,189		
Spartan E1	φ45x2,6	φ30x1,5	φ30x1,5	1	52	2,430	2,430	370	0,749	47	0,206	73,80	5,1
					49	2,430				45	0,206		
					51	2,409	2,409			93	0,156		
					50	2,409				91	0,156		
Spartan E1 EVO 2	φ45x2,6	φ30x1,5	φ30x1,5	1	44	2,545	2,545	370	0,806	83	0,157	70,44	5,0
					41	2,544				85	0,157		
					43	2,659	2,659			38	0,182		
					42	2,659				40	0,195		

Nesta tabela é feita a comparação entre três chassis diferentes. Como se pode verificar pelas tabelas 24, 25 e 26, tanto o chassi Spartan como o Spartan evo 2 obtêm valores, para a rigidez torsional, medida entre a frente e o arco de segurança, muito idênticos sendo o melhor, apenas por uma décima, o chassi Spartan.

Os valores obtidos para os deslocamentos verticais no chassi Spartan e Spartan evo 2, em qualquer um dos casos na tabela identificados, são idênticos. Apenas no caso de medição entre o arco de segurança e o triângulo traseiro. É que a diferença entre os dois é mais significativa. Isto deve-se ao facto de o chassi Spartan evo 2 ter apenas um braço de travamento do arco de segurança e está fixo na zona central do chassi, enquanto a primeira versão do chassi, Spartan, tem dois braços de travamentos e estão ligados às zonas laterais do chassi, conferindo assim uma maior rigidez torsional. Mas, como se situam na zona onde se vai colocar o motor, a rigidez torsional proporcionada pelos travamentos não vai ser assim tão relevante. Seria importante se estes influenciassem o comportamento do arco de segurança, nos casos de carga impostos pelo regulamento da FPAK e FIA, o que não se verificou.

O peso próprio é um factor muito importante no desempenho do formula. Neste caso, verifica-se que o mais leve de todos é o Spartan evo 2 com 70.44 Kg.

É de salientar que existem chapas de reforço no arco de segurança que não foi possível considerar no modelo estudado no programa Multiframe®. Os valores reais obtidos das tensões nos elementos constituintes do chassi Gloria B4, devem ser menores às calculadas.

No que respeita ao chassi Gloria B4 pode-se verificar que apesar de ser um dos mais leves, a sua rigidez torsional é muito menor que a dos outros chassis. Isso pode-se comprovar pelos valores obtidos em todos os casos de medição da tabela 16.

## 6. Conclusão

### 6.1. Conclusões

Neste trabalho procedeu-se à análise de tensões, deslocamentos, esforços e rigidez torsional de um chassi de um formula “single seater” e verificação das condições impostas pelos regulamentos impostos pela FIA e FPAK. Desta forma, e dando solução ao objectivo principal, o estudo do chassi de referência, o Gloria B4, este demonstrou-se bastante curioso já que a sua rigidez torsional é reduzida e aplicando os casos de carga impostos pelo regulamento da Formula Ford, não se pode concluir que este os satisfaça, pois os elementos constituintes do chassi Gloria B4 entram no regime plástico, o que levaria ao colapso do chassi e a segurança do piloto estaria posta em causa. Assim, nos ensaios sobre o arco de segurança, a tensão máxima resultante foi em média cerca de 2 vezes superior à tensão limite elástica, sendo o caso mais grave cerca de 3 vezes superior.

Para além dos pontos onde a tensão foi máxima, o chassi apresentou vários locais onde a tensão ultrapassou o valor limite elástico do aço escolhido, 42CrMo4, que tendo como tensão máxima o valor de 650 MPa. Quando o arco é solicitado das várias maneiras impostas pelo regulamento verifica-se que o caso de carga mais crítico é o caso de carga frontal em que a tensão atinge um valor de 1887.91 MPa mas verificou-se que vários elementos da zona traseira do chassi também ultrapassam o valor limite de tensão elástica. Todos esses elementos estão directamente ligados aos braços adjacentes de suporte ao arco de segurança.

Face a estes resultados, tentou-se encontrar soluções para estes problemas de tensões excessivamente elevadas. Uma das soluções foi aumentar o diâmetro do tubo do arco de segurança para 45mm e espessura de 2.6mm e aumentando o diâmetro dos tubos constituintes do chassi para 30mm e 1.5mm de espessura. Outra solução, foi alterar ligeiramente a zona do arco de segurança, sendo este simétrico relativamente ao eixo longitudinal do chassi e assenta desde a base do chassi. Neste caso, existe um único braço de reforço ao arco de segurança e a zona onde este se liga ao chassi, foi devidamente reforçada, de modo a que os esforços transmitidos pelos braços de reforço do arco de segurança, não ultrapassassem o valor de tensão limite elástica.

A realização deste trabalho permitiu ainda conhecer algumas vantagens do uso do software Multiframe® que tem uma excelente aplicabilidade em elemento sólidos, já que foi de uma enorme eficácia a sua aplicação, para a obtenção dos esforços instalados e deslocamentos verificados.

## 6.2. Sugestões de Trabalhos Futuros

Como sugestões de trabalhos a desenvolver no futuro indicam-se os seguintes:

- Análise ao sistema de suspensão, geometria e aplicabilidade;
- Estudar a adaptação do chassi a outros tipos de motores, com origem em motores de moto ou automóvel;
- Análise da estrutura do chassi em outros programas de modelação por elementos finitos que permitam o uso de placas e chapas de ligação;
- Desenvolvimento do actual chassi de modo a melhorar o seu desempenho e segurança;
- Projecto das ligações entre tubos do chassis e apoios de fixação de componentes mecânicos do chassi,
- Estudo e desenvolvimento de todo o sistema de carnagens (comportamento do chassi aerodinamicamente) em material compósito;
- Elaborar uma análise modal a todo o chassi e arco de segurança.

## 7. Referências e Bibliografia

- [1] <http://www.britishracecar.com/SydSilverman-Lister-Jaguar.htm> (Junho2013)
- [2] [www.maserati-alfieri.co.uk](http://www.maserati-alfieri.co.uk) (Abril 2013)
- [3] <http://www.ovako.com/Products/> (Março 2013)
- [4] [http://www.formulafordzetec.co.uk/formula\\_ford\\_zetec\\_013.htm](http://www.formulafordzetec.co.uk/formula_ford_zetec_013.htm) (Março2013)
- [5] <http://ladalotus.blogspot.pt/2009/03/cintos.html> (Maio2013)
- [6] <http://www.rollcagecomponents.com/> (Maio2013)
- [7] <http://www.toyotagtturbo.com/category/media-downloads/photos/> (Junho2013)
  
- [8] <http://www.gloriacars.com/default.asp?LangSito=eng> (Março2013)
- [9] <http://www.ultraracing.my/catalog/index.php> (Junho2013)
- [10] <http://petrolsmell.com/2010/02/04/car-chassis-construction/> (Junho2013)
  
- [11] [http://www.fia.com/sport/regulations?ff0=field\\_regulation\\_category%3A84](http://www.fia.com/sport/regulations?ff0=field_regulation_category%3A84)  
(Março2013)
- [12] <http://www.fpak.pt/entrada.html> (Março2013)
- [13] Carroll Smith, Maio 2004, Racing Chassis and Suspension Design (Junho2013)
- [14] Bob Bolles, Novembro 2010, Advanced Race Car Chassis Technology (Junho2013)
- [15] James D. Halderman, Outubro 2009, Automotive Chassis Systms (Maio2013)
- [16] Michael Costin and David Phipps 1961, Racing and Sports Car chassis Design (Maio2013)
- [17] Bernard Gironnet 1973, Construire une voiture de course suspension-châssis (Maio2013)

## ANEXO A: Regulamento Técnico Formula "Tuga"- FPAK

# Troféu "Single Seater Series" – 2013

ACTUALIZAÇÃO EM 01-02-2013

**1) Motorização:** A cilindrada máxima permitida é 2000 cc

1A – São permitidos todos os tipos de motores de série (sem qualquer alteração não especificamente autorizada no regulamento), de qualquer proveniência, com as seguintes excepções:

1º) Todos os motores devem ser normalmente aspirados.

Não é permitido o uso de sobrealimentação (turbo-compressores e super-compressores).

2º) A alimentação deve ser feita por carburadores.

Não é permitido o uso de motores com injeção.

1B – Dentro do estipulado em 1A todos os motores são permitidos uma vez que será o motor a determinar o peso mínimo do carro. Isso será feito pelos seguintes critérios:

1º) O factor de conversão para achar o peso mínimo do carro é de:

0.22 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros totalmente construídos em Portugal, e de 0.205 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros que não sejam totalmente construídos em Portugal (como por exemplo carros de outras classes adaptados para as regras Formula Tuga)

2º) As conversões utilizadas para obter a potência em Cavalos Din, caso o fabricante use outra unidade, devem ser as seguintes:

1 Cv (Din) (Cavalo Din) = 1.36 KW (Kilowatt)

1Cv (Din) (Cavalo Din) = 0.9861 Cv (SAE) (Cavalos SAE)

A potência em Cavalos Din a ser usada na fórmula para obter o peso mínimo deverá ser arredonda à primeira casa decimal.

É da responsabilidade do construtor do carro fornecer os dados técnicos do motor, bem como o esclarecimento de dúvidas que possam surgir. No entanto, se um motor já estiver homologado para a fórmula Tuga, não é preciso repetir o processo.

**1C – Admissão e Escape:**

1º) É permitida a modificação ou construção de um colector de escape de modo a facilitar a montagem do motor no chassis. O colector de admissão deve ser o de série do motor, sem alterações.

2º) Todo o sistema de filtragem de ar pode ser modificado ou removido, sem prejuízo das normas de segurança impostas pela FPAK.

3º) Os emulsionadores "Gigleurs" de controlo de entrada de gasolina são de medida livre. O Venturi que limita a entrada de ar no corpo do carburador tem que estar rigorosamente de série.

### **1D – Reservatório de combustível:**

O depósito de combustível deve estar localizado no interior do chassis principal. Deve ser fabricado em liga de metal sendo obrigatório o uso de espuma anti-explosão caso não tenha homologação.

No entanto é vivamente recomendado o uso de um depósito com homologação FIA-FT3-1999 ou superior.

É obrigatória a existência de uma parede corta-fogo entre o depósito e o habitáculo do piloto.

A capacidade máxima autorizada é de 41 litros

### **2) Transmissão**

2A – Caixa de velocidades:

1º) Motores provenientes de motociclos – devem manter a sua caixa de velocidades de série.

2º) Motores provenientes de automóveis de tracção (tracção dianteira) – devem manter a sua caixa de velocidades de série com as modificações mínimas indispensáveis para permitir o seu correcto funcionamento.

3º) Motores de automóveis de propulsão (tracção traseira) – podem usar qualquer caixa de velocidades proveniente de um veículo de grande série com as modificações mínimas indispensáveis para permitir o seu correcto funcionamento.

4º) Motores com outras proveniências – podem usar qualquer caixa de velocidades proveniente de um veículo de grande série com as modificações mínimas indispensáveis para permitir o seu correcto funcionamento.

2B – Diferencial:

- Qualquer diferencial pode ser utilizado desde que não tenha nenhum sistema autoblocante.

- O uso de diferencial não é obrigatório

### **3) Chassis**

- Os chassis devem ser de construção tubular em aço.

- Apenas são permitidos painéis de reforço na zona do chão, na zona que divide o cockpit do berço do motor e à frente dos pés do piloto.

- Qualquer painel soldado, colado ou fixado ao carro através de rebites ou parafusos com uma distância entre si inferior a 18cm ou usando qualquer outro modo de fixação é considerado um painel de reforço.

- A área mínima livre do plano vertical de corte na longitude, em qualquer ponto do cockpit desde os pés do piloto até às costas do banco é de  $700\text{cm}^2$  com uma largura nunca inferior a 25cm. Esta área pode apenas ser invadida pela coluna de direcção.

- Não são permitidos quaisquer tubos de água ou óleo ligados ao motor na zona do cockpit.

- Os tubos do chassis não podem ser usados para a circulação de líquidos.

### **4) Carroçaria**

- A carroçaria deve ser construída apenas de fibra de vidro e/ou alumínio.
- A carroçaria deve começar suficientemente à frente para tapar o ponto mais frontal do carro e deve prolongar-se longitudinalmente pelo menos até à parte mais posterior do cockpit e no máximo até ao ponto mais posterior de um componente mecânico ou do chassis.
- A carroçaria deve cobrir todo o chassis mas não pode cobrir qualquer elemento da suspensão que seja exterior ao chassis.
- Não é permitido o uso de asas, difusores ou qualquer outro elemento que aumente aerodinamicamente a força exercida pelos pneus sobre o solo.
- Nem a carroçaria, nem qualquer outro componente do carro podem ser desenhados de modo a aumentar aerodinamicamente a força exercida pelos pneus sobre o solo.
- É obrigatório o uso de 2 espelhos retrovisores com pelo menos  $55\text{cm}^2$  de área situados em lados opostos do cockpit.

## **5) Rodas**

### 5A – Jantes:

Apenas são permitidas jantes com 13, 14 ou 15 polegadas de diâmetro e largura máxima de 7 polegadas.

### 5B – Pneus:

Apenas é permitido o uso dos pneus Toyo Proxes R888 com uma largura máxima de 205mm.

## **6) Travões**

### 6A – Discos:

- 1º) Apenas são permitidos discos feitos com materiais ferrosos.
- 2º) Os discos não podem ter perfuração radial

### 6B – Pinças:

- 1º) As pinças utilizadas não podem ter mais de dois êmbolos.
- 2º) É apenas permitida uma pinça por roda.

6C – Pastilhas – As pastilhas são livres.

## **7 – Suspensão**

A suspensão deve trabalhar de uma forma totalmente mecânica, não sendo permitido o uso de sistemas electrónicos de controlo.

Nem a suspensão, nem qualquer outro componente do carro podem ser desenhados de modo a aumentar aerodinamicamente a força exercida pelos pneus sobre o solo.

## **8) Peso mínimo:**

O peso mínimo do carro com o condutor a bordo e todo o equipamento pessoal em qualquer altura da prova é dado pela relação referida em 1B-1º)

- 0.22 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros totalmente construídos em Portugal

-0.205 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros que não sejam totalmente construídos em Portugal.

## **9) Prova de nacionalidade:**

1º) O construtor deve contactar a organização antes do início da construção do carro. Uma Comissão Técnica acompanhará a construção para garantir que o carro é de facto construído em Portugal.

2º) Para carros já construídos e de uma forma excepcional, aceitar-se-ão provas

testemunhais ou outras que garantam que a construção é nacional.

### **10) Segurança – Arco de segurança**

Todos os carros devem ter pelo menos um arco de segurança para proteger o piloto em caso de capotamento.

O arco de segurança deve ser simétrico em relação à linha longitudinal central do chassis e ter uma altura mínima de 90cm medida na vertical desde a base do habitáculo.

O arco de segurança deve ter pelo menos um braço de reforço para trás na longitudinal com um ângulo nunca superior a 60 graus com a horizontal.

Este braço deve possuir o mesmo diâmetro e espessura do arco de segurança.

No caso de o arco de segurança possuir mais de um braço de reforço, o diâmetro mínimo de cada um destes braços pode ser reduzido para 26 mm sendo que a espessura mínima de cada um continua a ser a mesma do arco de segurança.

No caso de haver pelo menos dois braços de reforço longitudinais ao arco de segurança, dois destes braços podem alternativamente estar virados para a frente desde que cumpram os parâmetros acima referidos.

Deve haver uma largura mínima de 38 cm entre os dois lados do arco de segurança quando medida a uma altura de 60 cm da base do habitáculo.

O arco de segurança deve incluir um tubo de reforço horizontal na direcção da largura do carro a ligar ambos os lados do mesmo que funcione como limitador traseiro do movimento da cabeça do piloto em caso de embate.

O raio da curvatura do topo do arco de segurança não deve ser inferior a 10 cm quando medida a partir da linha central do tubo.

O arco de segurança deve ainda ter pelo menos 5 cm de altura acima do topo do capacete do piloto quando este está sentado na sua posição normal de condução.

Para cada valor de altura medida na vertical desde a base do habitáculo, o arco de segurança deve ser sempre mais largo que o corpo do piloto nessa mesma altura.

O tubo utilizado na construção do arco de segurança deve respeitar as seguintes características:

- Apenas pode ser usado tubo de secção circular;
- O material utilizado deve aço carbono estirado a frio sem costura;
- A resistência à tracção mínima do aço utilizado deve ser  $350 \text{ N/mm}^2$  ;
- As dimensões mínimas do tubo são 42.4 mm de diâmetro e 2.6 mm de espessura.

### **11 - Potência a ter em consideração**

A potência usada para calcular o peso mínimo de qualquer motor é obrigatoriamente a potência de catálogo indicada pelo fabricante do motor deve ser convertida para cavalos Din se estiver noutra unidade usando as conversões definidas no ponto 1B-2º) do regulamento técnico.

#### **11.1 – Motores de Injecção**

Motores com alimentação feita por injecção podem alternativamente ser utilizados desde que cumpram todos os parâmetros estipulados no regulamento excepto, por razões óbvias, o ponto 1A -2º).

Adicionalmente, os motores têm que cumprir também os seguintes pontos:

- a) - O ponto 1C-3º) do regulamento técnico não se aplica obviamente a motores com injecção. Todo o sistema de injecção e os injectores devem estar totalmente de série;
- b) - No caso de motores com Centralina (calculador), a Centralina de série tem que ser

utilizada. Toda a cablagem original, fichas, sensores e actuadores que mandem ou recebam informação para ou da Centralina também devem ser mantidos de origem e não alterados;

c) - No caso dos motores de Injecção, o ponto 1B-1º) também não deve ser tomado em consideração, sendo que o factor de conversão utilizado para achar o peso mínimo dos carros com motor de injecção é:

c1 – de 0.205 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros totalmente construídos em Portugal,

c2 – de 0.19 Cv (Din) /Kg (Cavalos Din por quilograma) para carros que não sejam totalmente construídos em Portugal (como por exemplo carros de outras classes adaptados para as regras da Formula Tuga);

**12.2** - Por razões de dificuldade de verificação, a programação da Centralina é livre.

É por esta mesma razão que o factor de conversão para achar o peso mínimo é inferior para os motores com injecção.

O aumento e melhoramento da linearidade das curvas de potência e binário conseguidos, havendo liberdade de programação, deverão pô-los a par com os motores cuja alimentação é feita por carburadores.

*NOTA – a autorização de motores com injecção vem na sequência da enorme dificuldade de obter motores adequados à Fórmula Tuga a carburadores, por um preço razoável. Esta equiparação parece ser a solução mais razoável para o problema e as relações peso/potência para os diferentes tipos de motor poderão vir a ser modificadas no futuro para um melhor equilíbrio entre si.)*

### **13) Modificações – Alterações**

Qualquer modificação ao presente regulamento técnico será introduzida no texto regulamentar em caracteres destacados a “**bold**” e no topo do texto surgirá a menção

**ACTUALIZAÇÃO EM** (data)

A validade de tais alterações terá efeitos imediatos a partir da data constante nessa referência e da sua publicação no site oficial da FPAK – [www.fpak.pt](http://www.fpak.pt)

## **ANEXO B: Formula Ford Zetec Technical Regulations**

Formula Ford Zetec Technical Regulations – Version 01

01/01/2012



# 2012 Technical Regulations

# Formula Ford 1800 Zetec

Date: 1<sup>st</sup> January 2012

Version: 01

©Ford Motor Company; 2012

Technical regulations for  
**Formula Ford**  
with 1800cc Engine  
January 2012

The RAC MSA Ltd Series Scrutineer for Formula Ford:

Nigel Jones,  
49, The Chase,  
Eastcote,  
Pinner,  
Middlesex.  
HA5 1SH

Tel: 07802 276590

Email: [njones6942@aol.com](mailto:njones6942@aol.com)

For other Technical queries, please contact:

Michael Norton

Ford Motor Company Limited,  
Dunton Technical Centre,  
Room GA-S01-A  
Laindon,  
Basildon. Essex.  
SS15 6EE

Tel: 01268 405978

Email: [mnorton2@ford.com](mailto:mnorton2@ford.com)

For all information on the MSA Formula Ford Championship of Great Britain, please contact:

Penny Mattocks  
RacingLine Ltd.  
54, Tanners Drive  
Blakelands  
Milton Keynes  
MK14 5BN

Tel: 01908 210077 Mobile 07881 627 123 Fax: 01908 210044

Email: [p.mattocks@racingline.com](mailto:p.mattocks@racingline.com)

Motorsport parts sales:

Paul Revel

Don Hilton

Formula Ford International  
(SkyFord Hemel Hempstead)  
Redbourn Road,  
Hemel Hempstead,  
Herts. HP2 7AZ.

Tel: 01442 220344 or 07887 984066

Tel: 01442 220344 or 07889 607998

Fax: 01442 220347

Email: [p.revel@skyford.co.uk](mailto:p.revel@skyford.co.uk)

For other National series please contact the appointed series coordinator

Ford Motor Company Ltd. retains the copyright for these regulations.

Formula Ford Zetec Technical Regulations – Version 01 01/01/2012

## FORMULA FORD with 1800cc engine

### GENERAL:

As with all regulations, 'UNLESS IT SAYS YOU CAN DO IT YOU CANNOT'. Any changes to the Safety regulations by local ASN's for events held outside the U.K. must have the prior approval of the Formula Ford Technical Steering Group.

### 1. DESCRIPTION

Four wheel single seater racing car fitted with a Ford 1800cc, 16 Valve engine.

### 2. SAFETY

These regulations are based the Royal Automobile Club Motor Sports Association (MSA) current Yearbook (Blue Book) rules, and specific Ford requirements.

2.1 Safety Roll-over structure: The rollbar must be symmetrical about the lengthwise centreline of the car and of minimum height 90cm measured vertically from the base of the cockpit or 92cm measured along the line of the driver's spine from the bottom of the car seat. There must be at least one brace rearwards from the top of the rollbar at an angle not exceeding 60° with the horizontal. This brace must be the same diameter as the rollbar, if two braces are fitted to the tube the diameter may be reduced to 20-26mm the wall thickness being maintained. In addition, forward facing braces should be considered. The width inside the roll-over bar main tubes must be 38cm minimum measured 60cm above the base of the seat. It must incorporate a crossbrace to restrain the driver's head and give rearward support. The top hoop radius must not be less than 5cm measured at the centre line of the tube.

Minimum Material: Carbon steel 350N/mm  
Minimum Dimensions: Cold drawn seamless  
42.4mm diameter x 2.6mm wall thickness.

Exceptions: The only exceptions to the requirements is as follows:

Safety cage manufacturers may submit a safety cage of their own design to the ASN of the championship organising body for approval as regards the quality of the steel used, the dimensions of the tubes, the optional reinforcing members and the mounting to the vehicle, provided that the construction is certified to withstand the forces given hereafter in any combination on top of the Safety Cage:

1.5w Lateral;

5.5w Fore and aft;

7.5w Vertical

w = 525Kg (for cars built before 31.9.99) w = 600Kg (for all 2000 and future model year cars, plus any Safety cage rework on earlier cars).

Note: Where a safety cage manufacturer submits a cage and full documentation to the ASN a 'Rollbar' certificate will be raised and issued. Duly authorized copies of this certificate containing a drawing and/or photograph of the safety cage and a declaration that the rollcage can resist the forces specified must be available to event Scrutineer's. For Roll-over protection hoops that are not an integral part of the main chassis, the rollover protection hoop safety certificate must also include certification that the chassis mounting points are also capable of resisting the same loads without failure To obtain ASN approval, a manufacturer must have demonstrated their consistent ability to design and manufacture safety cages that comply with the specifications approved by FIA.

2.1.1 For cars built after 1.1.02

The front roll over hoop (Hoop in front of the steering wheel) must comply with the above strength requirements.

2.1.2 Manufacturers recognised by the ASN must only supply customers with products designed and manufactured to the approved standards.

2.1.3 Each ASN approved manufacturer must be able to demonstrate to the ASN:

- a) That the material used has a certificate of origin or trace ability and is kept segregated from other batches of material.
- b) That welding procedures used produce consistent and sound welds and are regularly checked by laboratory tests.
- c) That they operate and maintain auditable in-house quality standards and procedures which are updated regularly.

2.1.4 ALL Aluminium alloy roll cages are prohibited.

2.1.5 Aerodynamics: The use of a rollbar to achieve or supplement aerodynamic effects is prohibited.

**2.2 Safety Harness:** Be fitted with a safety harness to be worn at all times by the driver during training practice and competition.

**Safety Harness (seat belts):** Six point, incorporating two shoulder straps, one abdominal strap and two straps between the legs, with six fixation points on the chassis of the vehicle.

One either side of the driver, two to the rear of the driver's seat and two between the legs. The fixation point to the rear should be positioned so that the strap from the shoulder is as near horizontal as possible. It must not be located on the floor directly behind the driver. Seat belts once involved in a serious accident must be discarded. It is not permitted to mix parts of seat belts.

Only complete sets as supplied by manufacturers must be used.

Only one release mechanism is permitted on each seat belt configuration and this must be available for the wearer to operate whilst seated in the competing position. Belts subjected to oil, acid or heat must be replaced. All seat belts must conform to the minimum FIA standards.

**2.3 Fire Extinguishers:** A fire extinguishing system must be carried on all vehicles, the minimum requirement being that the system be discharged with one of the permitted extinguishants and be operable by the driver whilst normally seated either by manual

operation or by a mechanically/electrically assisted triggering system. At all times with the driver out of the car it must be possible for appointed safety or technical scrutineering personnel officiating at the event to see, without moving or removing any item whatsoever, the Fire Extinguisher pressure gauge (if fitted) and the position occupied by a safety device used exclusively to prevent accidental discharge FIA Fire Extinguisher homologated systems are permitted as long as they conform in all respects to the installation requirements required for the homologation.

2.3.1 Capacities: Extinguishers are classified as Small, Medium or Large, and designated as Hand Held or Plumbed-In. Dry powder extinguishers are prohibited. Note: The manufacture of Halons (commonly known as 'BCF') has ceased worldwide and in certain countries, the use of Halons is illegal. Existing Halon systems remained acceptable within these regulations until 30/12/2002 in the UK. Consequently BCF must NOT now be used. Minimum Specification = Medium Plumbed-In, for discharge into both cockpit and engine compartment. Alternative: Large, plumbed-in, for discharge into both cockpit and engine compartment.

**Table of Equivalents**

Size	AFFF	Zero 2000
Medium	2.25Kg	2.25Kg
Large	2.25Kg	2.25Kg

All capacities are mínima.

2.3.2 Plumbed in Systems. The Large unit should have two points of triggering - one for the driver and one outside the car for activation by marshals etc.

2.3.3 The triggering point from the exterior must be positioned close to the circuit breaker (or combined with it) and must be marked by the letter 'E' in red inside a white circle of at least 10cm diameter with a red edge.

2.3.4 In installing units the direction of nozzles should be carefully considered, induction,

exhaust, ignition and fuel pumping systems being the most likely areas for fire to occur.

2.3.5 Where possible sources of fire exist outside the engine or cockpit areas advice should be sought from the MSA, the FIA, or the National Motor Sport Authority concerning plumbed-in system installations.

2.3.6 All bottles should discharge simultaneously and must be operable in any position of the car even if inverted.

2.3.7 It is strongly recommended that plumbed-in bottles should be mounted in the fore and ah direction in the vehicle. The fitting of a pressure gauge is mandatory, except for units filled with BCF.

2.3.8 Method of Operation: The preferred method of operation is electrical which should have its own source of energy for triggering, ideally with provision for checking the integrity of the system's triggering.

2.3.9 Installation: Particular attention should be paid to the installation and maintenance of any system, especially if it is mechanically operated. Pull cables should be fitted in such a way that no kinks or 'S' bends are formed that could cause malfunction. Mechanically operated systems, if used, should be fitted with 'Total Discharge valves' (i.e. ones that continue to discharge even if the operating mechanism should fail after triggering).

2.3.10 Weight checking: Extinguisher systems should be capable of being dismantled for the purpose of checking the weight of the extinguishant and the integrity of the cylinder, also to enable the operating system to be serviced without discharging the contents. The tare weight of the unit must be marked on the cylinder.

2.3.11 During events:- All plumbed-in extinguisher systems must be in an 'ARMED' condition (i.e. be capable of being operated without the removal of any safety device) at all times whilst competing or practicing. N.B. The fire extinguisher cannot be disarmed in any

Parc Ferme area without the specific permission of the Series scrutineer for that event.

2.3.12 Any plumbed-in extinguisher system found to be incapable of being operated will be the subject of a report to the Clerk of the Course/Stewards for possible penalisation as na offence against Safety Regulations.

2.3.13 Checking for correctly 'armed' extinguisher systems should only be carried out by Scrutineer's from the National Sporting Club, and/or Judges of Fact nominated for that purpose.

**2.4 Red Warning Light:** An LED, rearward facing, red warning light must be located within 10cm of the vertical centre line of the vehicle and be clearly visible from the rear. The minimum total continuous light intensity from the rear facing rain light shall be 200,000 mcd with a minimum viewing angle of 6 degrees.

The complete LED light assembly must fit within a square of 11 x 11 cms. When viewed from the rear the light must not be obstructed by any part of the vehicle. The centre of the light unit must be placed not less than 30cms from the ground, and less than 30cm from the rearmost part of the car. The rear warning light must be energised when the practice or race session is declared as a 'wet' session or when instructed by the Clerk of the Course. (also see Appendix 'A').

**2.5 Electrical System:** To be equipped with an externally operated circuit breaker having positive ON-OFF positions clearly marked. An internal ignition switch must be operable by the driver when normally seated irrespective of whether a safety harness is worn or not.

2.5.1 External Circuit Breakers: The circuit breaker, when operated, must isolate all electrical circuits with the exception of those that operate fire extinguishers. On the cars it should be situated on the lower main hoop of the roll-over bar. The location to be identified by a Red Spark on a White-edged Blue

triangle, and the 'On' and 'Off' positions clearly marked.

Note:

When the cut-out is operated there must be no power source capable of keeping the engine running.

2.5.2 Not have any ignition components, coils, chokes, black boxes, located in the Cockpit area which has a working voltage greater than 15 Volts, with the exception of the main engine ECU and its associated loom.

## 2.6 Head Restraints

2.6.1 Rear Head restraints must be fitted, capable of restraining a 17kg mass decelerating at 5g. Dimensions to be 10cm x 10cm and located such that the driver's helmet is restrained and cannot move past it under rearward forces, or be trapped between the rollbar and the head restraint. It is recommended that it be within 5cm of the driver's helmet when normally seated.

2.6.2 Side head restraints are mandatory from 2001MY cars and strongly recommended for earlier cars provided the internal gap between the ears is less than 400mm, and that the side restraints are fitted with an energy absorbing material of at least 20mm minimum thickness. Its construction must not impair the drivers ability to extricate themselves from the vehicle within the maximum time allowed. (see Art 3.2 & 4.8) The side head protection device may be detachable during this extradition, but its removal must form part of the extradition period. The energy absorbing material used must comply with a minimum F.I.A standard for this application, or be approved by the Formula Ford Technical Steering group.

2.6.3 Side Head protection shall be installed at such a height that it ensures that the drivers helmet will contact this protection in such a manner as to reduce to a minimum any possible injury in the case of contact with it.

2.7 All other personal safety equipment; Overalls, Underwear, Helmets etc. must comply with at least the minimum requirements

of the ASN for the event being contested. Either goggles or a visor must be worn at all times during training practice and competing. Minimum visor standard - BS 4110Z or equivalent standard.

2.8 All safety critical fasteners must be in high tensile ferrous material.

## GENERAL SAFETY RECOMMENDATIONS

### 2.9 General

Owing to the widely varying nature of competitions and vehicles taking part in them, the Ford Motor Company Limited takes the view that it would not be in the best interests of the competitors to cover all aspects of safety precautions with mandatory regulations. Inevitably such regulations could not necessarily provide for the most appropriate safety precautions in all foreseeable circumstances. The Ford Motor Company Limited therefore draws attention to the following points so that the competitors can consider them and take precautions as seem appropriate to their own particular requirements.

2.9.1 An appropriate, and fitted in compliance with all FIA Safety helmet and other requirements, 'Hans device' (Head and Neck Safety device) is strongly recommended for use at all times

### 2.10 Electrical

2.10.1 Batteries - All batteries should be 'leak proof' design and only those with gel electrolyte are recommended.

2.10.2 Electrical System - all wiring should be secured and well protected to reduce the risk of fire from electrical short circuit.

### 2.11 Fuel

2.11.1 Fuel Tanks and Pipes - every effort should be made to isolate fuel tanks and pipes

from the driver's compartment. The risk of fuel spillage from accident damage can be reduced by use of bag-type tanks or by coating metal tanks with GRP. It is strongly recommended that fuel tanks are of the rubber bladder type, constructed from FT3 or better material. (see Art 12.4) Tanks should be located so that they are given maximum protection by the structure of the vehicle. Vents must be designed to avoid spillage if the vehicle becomes inverted.

2.11.2 Fuel Fillers:- These should be designed and located to reduce risk of damage. Filler caps should not be liable to open in the case of an accident. Simple screw caps are effective. The positive locking of the fuel filler caps is recommended. The filler pipe to the tank should be of minimum possible length and not protrude beyond the bodywork.

## 2.12 Coolant

2.12.1 Radiator Caps. These caps should be located or shielded in such a way that hot water or steam cannot scald the driver of the vehicle if they become opened or broken in an accident.

2.13 Cockpit side protection. The recommended side protection built into the bodywork alongside the driver; at a minimum, Double layer, 141.75 g/m<sup>2</sup> (5oz), bi directional, laminated Kevlar (Aramide) material incorporated into this area of the body only.

## 3 CHASSIS

Cars must conform to the following:

**3.1** The chassis must be of tubular steel construction with no stress bearing panels except bulkhead and undertray, curvature of the undertray must not exceed 2.54cm. The undertray/floor (Art 4) extends from the bulkhead forward of the pedals to the bulkhead between the fuel tank and the engine. Monocoque chassis construction is prohibited. Stress bearing panels are defined as, sheet metal affixed to the frame by welding or bonding or by rivets or by bolts or screws that have centres closer than 15.25cm. The

maximum length of weld attaching the panels to the chassis shall be 25.4mm. The gap between the end of the each weld shall be a minimum of 15.25cms. Bodywork must not be used as stress bearing panels. The use of stabilised materials, composite materials using carbon and/or Kevlar reinforcement is prohibited (unless specifically permitted in these regulations). In the case of a vehicle with the fuel tank placed immediately behind the driver, a Bulkhead (a nonflammable, solid closing panel, attached to the main frame of the chassis with its fixation points less than 15.25cms apart around the full extremity of the panel), must be placed between the engine and the fuel tank. In addition another closing panel must be fitted between the fuel tank and the driver to prevent any fuel spillage, however caused, from reaching the driver whilst seated in the car.

3.1.1 The cars must incorporate a Lateral Protection structure (Art 3.6).

**3.2** Cars built after 01.01.95, the free internal cross section of the cockpit from the soles of the driver's feet to behind his seat shall at no point be less than 700cm<sup>2</sup>. The only thing that may encroach on this area is the steering column. A free vertical section of minimum 25cm width maintained to a minimum height of 25cm with corners of maximum 5cm radius must be maintained over the whole length of the cockpit with the steering wheel removed. The driver normally seated in his driving position with the seat belts fastened and the steering wheel removed must be able to raise both legs together such that his knees reach the plane of the steering wheel in the rearwards direction; this action must not be obstructed by any part of the car. The cockpit must be so conceived that the maximum time necessary for the driver to get out from his normal driving position does not exceed 5 seconds with all driving equipment being worn, the safety belts fastened, and the steering wheel in place in the most inconvenient position.

**3.3** The soles of the feet of the driver, seated in the normal driving position and with his feet on the pedals in the inoperative position, shall not

be situated to the fore of the vertical plane passing through the centre line of the front wheels.

**3.4** No engine oil or water tubes are permitted within the cockpit.

**3.5** Cars built after 01.01.95, the chassis must include an impact-absorbing structure fitted ahead of the front bulkhead of the tubular steel frame. This structure must be independent of the main bodywork and must be solidly fixed to the extremities of the bulkhead (i.e. with bolts requiring tools for removal). It must constitute a box of 30cm minimum length, 15cm minimum height in any vertical section and 400cm<sup>2</sup> minimum total cross section. It must be metallic using honeycomb sandwich construction with a panel thickness of 13.9mm minimum. The main bodywork is defined as the external covering of the chassis frame from the foremost steel bulkhead to the centreline of the rear wheels.

3.5.1 For cars built after 01.01.99.

The impact-absorbing structure shall be fixed to the chassis with a minimum of 4 fasteners, in high quality steel using a core diameter of 6mm minimum. Irrespective of the size of the impact absorbing structure (safety foot box), the maximum total area of access holes allowed in the walls of this structure shall be 150cm<sup>2</sup>. The basic structure is defined as a unit with 5 closed sides, and 1 open side. The access hole dimensions quoted apply to any modification to the 5 closed sides. (Minimum clearance holes for the passage of steering rack / rods are not included in the calculation of this area.

3.5.2 For cars built after 01.01.02

Cockpit side protection. Above the level of the Lateral Protection Structure, and up to the level of the upper chassis tube, stretching from the rear roll hoop to the front roll hoop there must be an anti-intrusion panel. This anti-intrusion panel shall be either built into the removable bodywork, or keyed into the main chassis but cannot be rigidly attached to the chassis. It can be made from Glass reinforced plastic, Kevlar or Aluminium skin added to the inner face of the removable body panel. Any material added

must considerably improve the anti-penetration capability of the structure in the area of the driver. (see Art 2.13).

3.5.3 The model year of the chassis must be clearly, and indelibly, stamped into a structural member of the main chassis, (or on a steel plate attached by welding on at least 3 sides to the chassis), in an area visible to scrutineer's without bodywork or other component removal. All chassis's for a particular model year will be stamped in the same position.

### **3.6 Lateral Protection Structure**

Continuous panels whose projection on a vertical plane parallel to the longitudinal axis of the car shall be at least 15cm high, shall extend on either side of the car, at a minimum distance of 55cm from the car's longitudinal centre line between at least the transverse planes passing through the fuel tank rear face and the frontal extremity of the minimum cockpit opening, and at a minimum distance of 35cm from the car's longitudinal centre line between at least the transversal planes passing through the above extremity and the front rollover bar hoop. These panels shall be made from a composite material of 30cm<sup>2</sup> minimum cross section with a honeycomb core in metal or Nomex giving adequate resistance to compression. The external skins shall be of aluminium alloy, plastic, or carbon fibre of a minimum thickness of 0.5mm or made up of another assembly of materials of equivalent efficiency. The panels must be securely attached to the flat bottom and their upper extremity to the main structure of the car in such a manner as to ensure absorption of a lateral impact. The radiators may play the role of protective panels or of transversal struts. The periphery of the bodywork covering the Lateral Protection Structure, when viewed from below, must be curved upwards with a minimum radius of 5cm, and a maximum radius of 7cm with the exception of air entry and exit openings into the Lateral Protection Structure. For cars built after 01.01.02 the tolerance on the variation in flatness of the under surface of the car between the furthest forward bulkhead, and the rear bulkhead (at the position of the

Roll Over protection hoop) will be 5mm. The Lateral Protection structure base (Side pod base) can be up to 25mm above the floor defined above, but must be parallel to it, and subject to the similar 5mm flatness tolerance. The floor of the side pod must reflect the plan of the upper surface. (For pre-2002 cars:-The floor is to be in the same plane as the undertray in both directions, i.e. transverse and longitudinal, subject to all points being within 2.54cm of any flat plane situated under the car) (see Art 3.1).

3.6.1 Ducting to the radiators, or other items requiring cooling, inside the Lateral protection structure is free. Slots and other openings may be inserted into the top surface of the Lateral Protection structure, but these must not be connected to the radiator directly by separate ductwork. Only factory sanctioned changes to the shape of the Lateral protection structure are Authorised.

### **3.7 Crushable Structures:**

All oil tanks mounted outside the main chassis structure must be surrounded by crushable structure of minimum thickness 10mm.

*3.8 The longitudinal centre line of the chassis must correspond with the longitudinal centre line of the vehicle. Suspension components must be the same effective length on both sides of the vehicle, and their mounting points must be equal distance from the chassis centre line.*

## **4. BODYWORK**

**4.1** See table of single seater dimensions. (Appendix 'B'). The use of composite materials using carbon and/or Kevlar reinforcement is prohibited. (unless expressly permitted) Bodywork is not required behind the vertical plane taken through the front of the top most portion of the roll over structure. If Bodywork is used it must conform with the following regulations:

**4.2** Any device designed to aerodynamically augment the downthrust on the vehicle is prohibited, as are aerofoils, nose fins or spoilers of any type.

**4.3** The engine cover must not extend rearwards past the rearmost point of the gearbox housing (no gearbox extensions permitted). The shape of the cover must not include any reflex curves and no flat surfaces are permitted within 15° of the horizontal.

4.3.1 For cars built after 01.01.02.

The rear bodywork above a horizontal plane that sits on the top of the engine intake plenum must be symmetrical side to side around the vehicle longitudinal centreline. The size and position of openings for the passage of air in this area are free.

**4.4** The bodywork can be shaped to fit over chassis or suspension components, without contravening the regulation that prohibits reverse curves. However, any such body shape that can be deemed, or even thought, to produce an aerodynamic effect that could result in increased down force will be prohibited.

**4.5** The lower rear bodywork (located below the wheel centre line) is only permitted alongside and beneath the engine and can only extend from behind the cockpit to a line drawn through the rear axis. The incorporation of suspension or other fairings in this bodywork or separately is prohibited.

**4.6** All cars must have at least two mirrors mounted so that the driver has visibility on both sides of the car (minimum surface area of each one: 55cm).

**4.7** Cockpit opening. The opening giving access to the cockpit must allow a designated horizontal template to be inserted vertically into the cockpit (not considering the steering wheel, the removable seat, or any side head support) down to 250mm lower than the lowest point of the cockpit opening. This template is defined by dimensions J, K, L in Appendix 'B'. Implementation:- For cars built after 01.01.99. (was 25mm for cars built before 01.01.99). The cockpit must be so conceived that the maximum time necessary for the driver to get out from his normal driving position does not exceed 7 seconds with all driving

equipment being worn and starting with the safety belts fastened.

**4.8** See also Lateral Protection Structures (Art 3.6).

**4.9** Be fitted with Bodywork with a driver's compartment isolated from the engine, wet batteries, gearbox, transmission shafts, brakes, road wheels, their operating linkages and attachments, petrol tanks, oil tanks, water header tanks and catch tanks. Have a Protective Bulkhead of non-inflammable material between the engine and the driver's compartment capable of preventing the passage of fluid or flame. Gaps must be sealed with GRP or Intumescent Putty. Magnesium is prohibited for bulkheads. Where a fuel tank constitutes part of the bulkhead, an additional bulkhead must be fitted.

**4.10** Have a complete Floor of adequate strength rigidly supported within the driver compartment.

**4.11** Have any undertray provided with drainage holes to prevent accumulation of liquids.

**4.12** The forward extremity of the nose of the car shall be less than 200mm from the ground:-  
Implementation:-For cars built after 01.01.98, all cars from 01.01.99.

**4.13** Bodywork may only be mounted directly to the chassis, undertray, or suspension mounting points. Suspension mounting points may be covered by bodywork, but only if this is an integral part of the bodywork, and not an addition to the main bodywork.

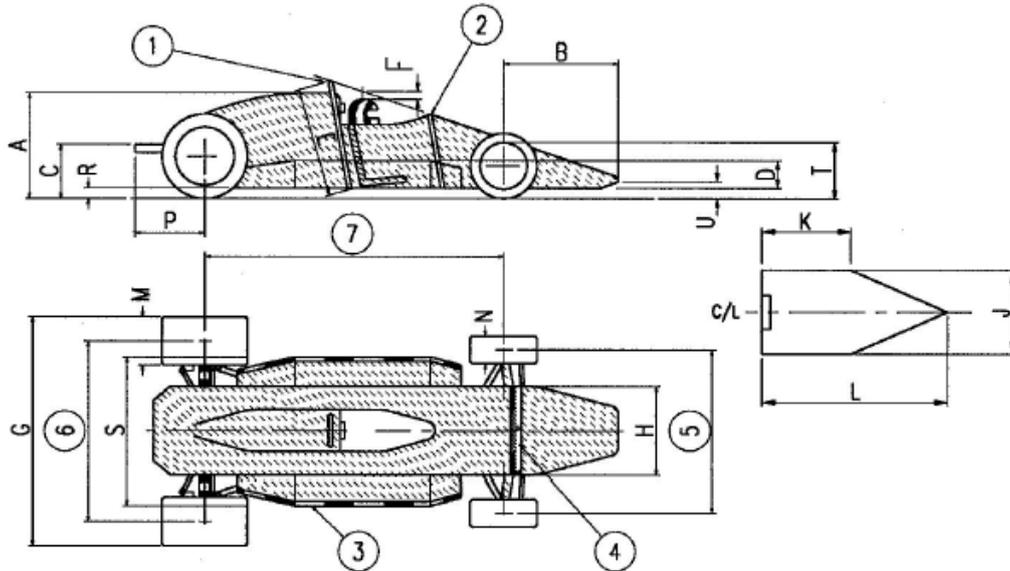
**4.14** (applicable to ALL cars from 01.1.2000)  
Any bodywork in front of the front bulkhead shall have no external concave surfaces.

**4.15** (Applicable to ALL cars from 1.1.2000)  
Any extension of the flat floor rearward of the Main rearbulkhead (under the engine) must conform to the same reference plane and tolerances as the floor.

**4.16** Only original factory specification parts can be used in front of the forward bulkhead. No additional material can be added.

**Appendix B**

**Table of Single Seater dimensions**



- |                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. Safety roll over bar         | 2. Substantial support structure |
| 3. Lateral Protection structure | 4. Substantial structure         |
| 5. Front track                  | 6. Rear track                    |
| 7. Wheelbase                    |                                  |

Notes

Maximum height is measured with the driver aboard.  
 Maximum height excludes safety roll-over bar on which there is no maximum height.

Single seater dimensions – refer to drawing

(A)	Maximum body height measured from ground	90
(B)	Maximum front overhang from front wheel axis	100
(C)	Exhaust height measured from the ground	60 Max
(D)	Minimum height of Lateral Protection Structure	15
(E)	Minimum safety roll-over bar length in line with drivers spine	92
(F)	Minimum allowed helmet clearance	5
(G)	Maximum width	185
(H)	Maximum body width behind front wheels	95
(J)	Minimum cockpit opening	45
(K)	Minimum cockpit parallel opening length	30
(L)	Minimum cockpit overall opening length	60
(M)	Maximum rear wheel width	7 inch
(N)	Maximum front wheel width	6 inch
(P)	Maximum exhaust length from rear wheel axis	60
(R)	Minimum ground clearance	4
(S)	Maximum width including lateral protection structure	130
(T)	The maximum height of any part wider than 110cm ahead of the front wheels is not to exceed the front rim height	
(U)	Maximum height of nose (see Art 4.13 for implementation date)	20
	Minimum wheelbase	200
	Minimum track	120
	Wheel diameters	13 inch

ALL dimensions in cm unless specifically stated

## Appendix C

### STABILITY EXCEPTIONS FOR 2005

#### 5. ENGINE

The size of the air restrictor used on the 1800cc, 16V engine is subject to change following written notice displayed at a championship meeting at 6 weeks plus 2 days notice.

5.1 Ford reserve the right to impose cost restraint on free concept connecting rod bolts used.

#### 6. SUSPENSION

Ford reserves the right to impose wheel retention straps, or other safety feature, to prevent the separation of the wheel/suspension units from the chassis in the event of an accident.

*We strongly recommend that new car design incorporates wheel retention straps, as defined by the FIA for F3 usage.*

#### 10. WHEELS

Ford reserves the right to impose a minimum wheel/tyre weight.

#### Proposal for 2006

Art. 2.6 Specify dimensions and materials for a side head restraint feature. The present FIA, F3 rule is a possibility.

##### 2.6.2 Headrest :

All cars must be equipped with headrests made from a material specified by the MSA / FIA.

The headrests must consist of one at least 75mm thick over an area of 40000mm<sup>2</sup> behind the driver's helmet and one at least 75mm thick over an area of 40000mm<sup>2</sup> along each side of the driver's helmet.

The headrests must be so installed that if movement of the driver's head must to fully compress the foam at any point over their area, his helmet would not make contact with any structural part of the car.

They must be so positioned as to be the first point of contact for the driver's helmet in the event of an impact projecting his head backwards or sideways when he is seated normally.

## Appendix D

### TYRES

The only approved tyres for Formula Ford cars are:

#### Dunlop

	Pattern	Size	Specification N°
Front Tyre	Slick	160/535R13	S09-392
Rear Tyre	Slick	170/575R13	S09-392
Front Tyre	Wet	160/535R13	S09W-226 CR9000
Rear Tyre	Wet	170/575R13	S09W-226 CR9000

The specification number will be moulded on one sidewall of the tyre, as will a unique serial number for that tyre. No mechanical (other than rubber removal by normal wear), heat or chemical treatments are permitted to the "as sold" tyres.

#### Tyres Supplied by:

Dunlop Motorsport Europe,  
Fort Dunlop,  
Birmingham,  
B24 9QT  
England.

Tel: 0044 (0) 121 306 6000  
Fax: 0044 (0) 121 306 7000

#### Teams Contact:

Paul Dyas  
Mr Tyre (Motorsport) Ltd  
Unit B, 33 Pitsford Street,  
Hockley,  
Birmingham,  
B18 6LJ.

Tel: 0121 551 2131  
Fax: 0121 551 2133  
Mob: 07713 684194

E-mail: paul@mrtyremotorsport.co.uk

See sporting regulations for the number of tyres that can be used at any race meeting

OR

#### Cooper Tire (Avon)

With reference

	Size	Specification N°
Front Tyre	Slick	6.0/21.0-13 8810
Rear Tyre	Slick	7.0/22.0-13 8811
Front Tyre	Wet	6.0/21.0-13 7414
Rear Tyre	Wet	7.0/22.0-13 7415

NB. The Slick and Wet tyres are unchanged from 1999.

The specification number will be moulded on one sidewall of the tyre, as will a unique serial number for that tyre. No mechanical (other than rubber removal by normal wear), heat or chemical treatments are permitted to the "as sold" tyres (See also sporting regulations 1.11.1)

#### Supplied by

Avon Tyres Motorsport  
Cooper - Avon Tyres Ltd;  
Bath Road;  
Melksham;  
Wiltshire;  
SN12 8AA;  
U.K.

Tel: 0044 (0) 1225 703101

Fax: 0044 (0) 1225 707443

Enquiries:

Sales	Technical
Brian Davies	Paul Coates
Trevor Swettenham	

See sporting regulations for the make, type and number of tyres that can be used at any race meeting.

## ANEXO C: Ficha Técnica Gloria B4



### The project, the idea, the means

**The project**  
Without doubt a lean and formative but low cost single seater is missing. Gloria intends to bridge the gap in the world-wide market allowing people without a large budget at disposal, which is required by other professional categories, to move from karting to F1.

**2005 Appointments**  
During 2005, Gloria Championships will be held in Italy, Spain and Norway as well as at Superprix that will also touch Germany and other countries. We will follow our contacts in a way to bring Gloria Championships to even more countries in 2006, giving an immense value to the category.

**The car: a natural pass-over from karting to single seaters**  
The idea, very simple is always the winning one: a very safe but light weight car (just 300 kg), despite great abilities given to safely equipped with a small and light Yamaha engine (58 % hp, gears included) gets a wheel power at a 150kW but at third of the seasonal turning costs - there's nothing more competitive than that!

**Human Resources**  
They are the key to our success. At this level of cars the staff of Gloria has no comparison in experience and technical business ability. From 1982 to 2002, the F1 team of Gloria, led by Franco Colusso, as a full-time car for competition. Prior to this he founded and managed Spain for 25 years, the biggest company in the world for the production of fireproof racing garments and special seats for racing cars. Paolo Pericoli, the Technical Director, had a 10-year experience in races as consultant for the classes Teams such as Ferrari, Arco Wills, one of the top teams, Fiat (Indy) and Subaru F1 where he was responsible for the test team.

### The affordable way to Formula 1



24 small Clochas in the magnificent setting of the Montmelo circuit, home of the Spanish F1 Grand Prix

**GLORIA**  
RACING CARS

**The Headquarters**  
A 15.000 sq.ft. brand new factory in the industrial area of Turin, car town (home of Fiat), was built within a range of 10 kms from an extremely dense concentration of highly specialized suppliers. The factory is equipped with the most sophisticated tools needed for the development of racing vehicles and is staffed with the availability of an engine testing room.

**www.gloriacars.com**

**GLORIA**  
Via Cavigliola, 36 - 10020 Castanone (CN) Italy - Tel: (+39) 011.348.2404 - Fax: (+39) 011.348.1375 - info@gloriacars.com

## The Car, safe affordable and very very fast

### Engine



Yamaha Fazer 1000 cc, 4 cylinders with 4 stroke cycles, 5 valves per cylinder, 2 overhead camshafts with distributor chain. Cooling guaranteed by water and oil radiators, 4 carburetors.



The AIM dashboard developed expressly by Gian supplies the driver with the lap time, RPM, speed, gear, water temperature, oil temperature and pressure, oil downshifts on your PC, for the 2005 model part or complete data recording of accelerometer, steering and steering in kilometers.

### Maximum safety

The low weight, reduces the effects of the centrifugal force during cornering and in the case of spins and the increased grip of the slick tyres make crashworthy suspension and the highly robust chassis greatly reduces any danger.

The 2005 car will be supplied with a hot crash bar made in stainless steel with heavy carbon and a head protection structure that will yield maximum driver's safety in case of side collisions or bumps.



**Chassis** manufactured in chromium molybdenum steel (25Cr20Ni) in the measure of 280 x 15 mm (25x2° mm for the front) it has notable characteristics of rigidity and space efficiency. The pedal board is now adjustable in height and different from the seat mounting above 6 possible adjust.



### Suspensions

A typical fittings on the 4 wheels with 6 piston calipers 270 mm each and 2 brake master cylinders, each independent for anterior and posterior brakes giving a constant powerful braking force. The suspension are the positive characteristic of the car.

### Brakes

4 wheels with 6 piston calipers 270 mm each and 2 brake master cylinders, each independent for anterior and posterior brakes giving a constant powerful braking force. The suspension are the positive characteristic of the car.

### Gloria B4-10V • Technical Data

<b>Chassis :</b>	11 steel tubes of 25x15 mm chrome molybdenum steel, front and rear horizontal and vertical anti-torsion and reinforced anti-bump shock absorber tubes.
<b>Suspension :</b>	Independent 4 piston disc (diameter 270 mm) steel 6 piston calipers. Shock absorbers linear 2500 cc, 4 springs of equal work 50 mm per corner.
<b>Engine :</b>	Yamaha Fazer 1000 cc, 4 cylinders 2 stroke cycle, 5 valves per cylinder. 2 overhead camshafts with distributor chain, 2 water radiators and 1 oil radiator.
<b>Gear :</b>	5 speed by 4 gears with 21 mm each. Connected to engine shaft.
<b>Transmission :</b>	Cardé gear drive with sequential fixed gear.
<b>Max Torque :</b>	60200 rpm CVT (1000 rpm) speed
<b>Weight :</b>	2220 mm
<b>Wheelbase :</b>	1190 mm (1200 mm) - Rear 1380 mm
<b>Height :</b>	900 mm
<b>Front Axle :</b>	Aviator 6 x 1.5, Radius 8 x 1.5
<b>Rear Axle :</b>	Aviator 6 x 1.5, Radius 8 x 1.5
<b>Tires :</b>	Shock of car: Viper 2200 1.5 (rear 8.200 x 1.5) (front 6.200 x 1.5)

We would like to point out that almost all the components, including the tires, engine, gear and shaft are made in Portugal. The seat, production spare and tools were specially developed and produced in Portugal on this car.

## Gloria parts

### for the racing industry

### Competition Rims (13")

Made in AlSi7 Mg aluminum alloy they have been designed for a specific use on single seater racing cars. Specters in other type of vehicles up to a maximum power of 250 hp at a weight of 100 kg. They are available in 4 sizes: 13" (303 mm), 14" (354 mm), 15" (381 mm) and 16" (406 mm). The width of the rim is 40 mm (303) to 44 mm (354) for widths of at least 12" (303 mm) and 44 mm (354) for widths of at least 14" (354 mm) compared to the standard.

5413 - 3 x 4 kg, 5013 - 4 x 4 kg  
5414 - 3x5 - 4 x 4 WT  
5415 - 2x6 - 4 x 4 WT  
5416 - 2x7 - 4 x 4 WT  
5417 - 2x8 - 4 x 4 WT  
5418 - 2x9 - 4 x 4 WT  
5419 - 2x10 - 4 x 4 WT  
5420 - 2x11 - 4 x 4 WT  
5421 - 2x12 - 4 x 4 WT  
5422 - 2x13 - 4 x 4 WT  
5423 - 2x14 - 4 x 4 WT  
5424 - 2x15 - 4 x 4 WT  
5425 - 2x16 - 4 x 4 WT  
5426 - 2x17 - 4 x 4 WT  
5427 - 2x18 - 4 x 4 WT  
5428 - 2x19 - 4 x 4 WT  
5429 - 2x20 - 4 x 4 WT  
5430 - 2x21 - 4 x 4 WT  
5431 - 2x22 - 4 x 4 WT  
5432 - 2x23 - 4 x 4 WT  
5433 - 2x24 - 4 x 4 WT  
5434 - 2x25 - 4 x 4 WT  
5435 - 2x26 - 4 x 4 WT  
5436 - 2x27 - 4 x 4 WT  
5437 - 2x28 - 4 x 4 WT  
5438 - 2x29 - 4 x 4 WT  
5439 - 2x30 - 4 x 4 WT  
5440 - 2x31 - 4 x 4 WT  
5441 - 2x32 - 4 x 4 WT  
5442 - 2x33 - 4 x 4 WT  
5443 - 2x34 - 4 x 4 WT  
5444 - 2x35 - 4 x 4 WT  
5445 - 2x36 - 4 x 4 WT  
5446 - 2x37 - 4 x 4 WT  
5447 - 2x38 - 4 x 4 WT  
5448 - 2x39 - 4 x 4 WT  
5449 - 2x40 - 4 x 4 WT  
5450 - 2x41 - 4 x 4 WT  
5451 - 2x42 - 4 x 4 WT  
5452 - 2x43 - 4 x 4 WT  
5453 - 2x44 - 4 x 4 WT  
5454 - 2x45 - 4 x 4 WT  
5455 - 2x46 - 4 x 4 WT  
5456 - 2x47 - 4 x 4 WT  
5457 - 2x48 - 4 x 4 WT  
5458 - 2x49 - 4 x 4 WT  
5459 - 2x50 - 4 x 4 WT  
5460 - 2x51 - 4 x 4 WT  
5461 - 2x52 - 4 x 4 WT  
5462 - 2x53 - 4 x 4 WT  
5463 - 2x54 - 4 x 4 WT  
5464 - 2x55 - 4 x 4 WT  
5465 - 2x56 - 4 x 4 WT  
5466 - 2x57 - 4 x 4 WT  
5467 - 2x58 - 4 x 4 WT  
5468 - 2x59 - 4 x 4 WT  
5469 - 2x60 - 4 x 4 WT  
5470 - 2x61 - 4 x 4 WT  
5471 - 2x62 - 4 x 4 WT  
5472 - 2x63 - 4 x 4 WT  
5473 - 2x64 - 4 x 4 WT  
5474 - 2x65 - 4 x 4 WT  
5475 - 2x66 - 4 x 4 WT  
5476 - 2x67 - 4 x 4 WT  
5477 - 2x68 - 4 x 4 WT  
5478 - 2x69 - 4 x 4 WT  
5479 - 2x70 - 4 x 4 WT  
5480 - 2x71 - 4 x 4 WT  
5481 - 2x72 - 4 x 4 WT  
5482 - 2x73 - 4 x 4 WT  
5483 - 2x74 - 4 x 4 WT  
5484 - 2x75 - 4 x 4 WT  
5485 - 2x76 - 4 x 4 WT  
5486 - 2x77 - 4 x 4 WT  
5487 - 2x78 - 4 x 4 WT  
5488 - 2x79 - 4 x 4 WT  
5489 - 2x80 - 4 x 4 WT  
5490 - 2x81 - 4 x 4 WT  
5491 - 2x82 - 4 x 4 WT  
5492 - 2x83 - 4 x 4 WT  
5493 - 2x84 - 4 x 4 WT  
5494 - 2x85 - 4 x 4 WT  
5495 - 2x86 - 4 x 4 WT  
5496 - 2x87 - 4 x 4 WT  
5497 - 2x88 - 4 x 4 WT  
5498 - 2x89 - 4 x 4 WT  
5499 - 2x90 - 4 x 4 WT  
5500 - 2x91 - 4 x 4 WT  
5501 - 2x92 - 4 x 4 WT  
5502 - 2x93 - 4 x 4 WT  
5503 - 2x94 - 4 x 4 WT  
5504 - 2x95 - 4 x 4 WT  
5505 - 2x96 - 4 x 4 WT  
5506 - 2x97 - 4 x 4 WT  
5507 - 2x98 - 4 x 4 WT  
5508 - 2x99 - 4 x 4 WT  
5509 - 2x100 - 4 x 4 WT  
5510 - 2x101 - 4 x 4 WT  
5511 - 2x102 - 4 x 4 WT  
5512 - 2x103 - 4 x 4 WT  
5513 - 2x104 - 4 x 4 WT  
5514 - 2x105 - 4 x 4 WT  
5515 - 2x106 - 4 x 4 WT  
5516 - 2x107 - 4 x 4 WT  
5517 - 2x108 - 4 x 4 WT  
5518 - 2x109 - 4 x 4 WT  
5519 - 2x110 - 4 x 4 WT  
5520 - 2x111 - 4 x 4 WT  
5521 - 2x112 - 4 x 4 WT  
5522 - 2x113 - 4 x 4 WT  
5523 - 2x114 - 4 x 4 WT  
5524 - 2x115 - 4 x 4 WT  
5525 - 2x116 - 4 x 4 WT  
5526 - 2x117 - 4 x 4 WT  
5527 - 2x118 - 4 x 4 WT  
5528 - 2x119 - 4 x 4 WT  
5529 - 2x120 - 4 x 4 WT  
5530 - 2x121 - 4 x 4 WT  
5531 - 2x122 - 4 x 4 WT  
5532 - 2x123 - 4 x 4 WT  
5533 - 2x124 - 4 x 4 WT  
5534 - 2x125 - 4 x 4 WT  
5535 - 2x126 - 4 x 4 WT  
5536 - 2x127 - 4 x 4 WT  
5537 - 2x128 - 4 x 4 WT  
5538 - 2x129 - 4 x 4 WT  
5539 - 2x130 - 4 x 4 WT  
5540 - 2x131 - 4 x 4 WT  
5541 - 2x132 - 4 x 4 WT  
5542 - 2x133 - 4 x 4 WT  
5543 - 2x134 - 4 x 4 WT  
5544 - 2x135 - 4 x 4 WT  
5545 - 2x136 - 4 x 4 WT  
5546 - 2x137 - 4 x 4 WT  
5547 - 2x138 - 4 x 4 WT  
5548 - 2x139 - 4 x 4 WT  
5549 - 2x140 - 4 x 4 WT  
5550 - 2x141 - 4 x 4 WT  
5551 - 2x142 - 4 x 4 WT  
5552 - 2x143 - 4 x 4 WT  
5553 - 2x144 - 4 x 4 WT  
5554 - 2x145 - 4 x 4 WT  
5555 - 2x146 - 4 x 4 WT  
5556 - 2x147 - 4 x 4 WT  
5557 - 2x148 - 4 x 4 WT  
5558 - 2x149 - 4 x 4 WT  
5559 - 2x150 - 4 x 4 WT  
5560 - 2x151 - 4 x 4 WT  
5561 - 2x152 - 4 x 4 WT  
5562 - 2x153 - 4 x 4 WT  
5563 - 2x154 - 4 x 4 WT  
5564 - 2x155 - 4 x 4 WT  
5565 - 2x156 - 4 x 4 WT  
5566 - 2x157 - 4 x 4 WT  
5567 - 2x158 - 4 x 4 WT  
5568 - 2x159 - 4 x 4 WT  
5569 - 2x160 - 4 x 4 WT  
5570 - 2x161 - 4 x 4 WT  
5571 - 2x162 - 4 x 4 WT  
5572 - 2x163 - 4 x 4 WT  
5573 - 2x164 - 4 x 4 WT  
5574 - 2x165 - 4 x 4 WT  
5575 - 2x166 - 4 x 4 WT  
5576 - 2x167 - 4 x 4 WT  
5577 - 2x168 - 4 x 4 WT  
5578 - 2x169 - 4 x 4 WT  
5579 - 2x170 - 4 x 4 WT  
5580 - 2x171 - 4 x 4 WT  
5581 - 2x172 - 4 x 4 WT  
5582 - 2x173 - 4 x 4 WT  
5583 - 2x174 - 4 x 4 WT  
5584 - 2x175 - 4 x 4 WT  
5585 - 2x176 - 4 x 4 WT  
5586 - 2x177 - 4 x 4 WT  
5587 - 2x178 - 4 x 4 WT  
5588 - 2x179 - 4 x 4 WT  
5589 - 2x180 - 4 x 4 WT  
5590 - 2x181 - 4 x 4 WT  
5591 - 2x182 - 4 x 4 WT  
5592 - 2x183 - 4 x 4 WT  
5593 - 2x184 - 4 x 4 WT  
5594 - 2x185 - 4 x 4 WT  
5595 - 2x186 - 4 x 4 WT  
5596 - 2x187 - 4 x 4 WT  
5597 - 2x188 - 4 x 4 WT  
5598 - 2x189 - 4 x 4 WT  
5599 - 2x190 - 4 x 4 WT  
5600 - 2x191 - 4 x 4 WT  
5601 - 2x192 - 4 x 4 WT  
5602 - 2x193 - 4 x 4 WT  
5603 - 2x194 - 4 x 4 WT  
5604 - 2x195 - 4 x 4 WT  
5605 - 2x196 - 4 x 4 WT  
5606 - 2x197 - 4 x 4 WT  
5607 - 2x198 - 4 x 4 WT  
5608 - 2x199 - 4 x 4 WT  
5609 - 2x200 - 4 x 4 WT  
5610 - 2x201 - 4 x 4 WT  
5611 - 2x202 - 4 x 4 WT  
5612 - 2x203 - 4 x 4 WT  
5613 - 2x204 - 4 x 4 WT  
5614 - 2x205 - 4 x 4 WT  
5615 - 2x206 - 4 x 4 WT  
5616 - 2x207 - 4 x 4 WT  
5617 - 2x208 - 4 x 4 WT  
5618 - 2x209 - 4 x 4 WT  
5619 - 2x210 - 4 x 4 WT  
5620 - 2x211 - 4 x 4 WT  
5621 - 2x212 - 4 x 4 WT  
5622 - 2x213 - 4 x 4 WT  
5623 - 2x214 - 4 x 4 WT  
5624 - 2x215 - 4 x 4 WT  
5625 - 2x216 - 4 x 4 WT  
5626 - 2x217 - 4 x 4 WT  
5627 - 2x218 - 4 x 4 WT  
5628 - 2x219 - 4 x 4 WT  
5629 - 2x220 - 4 x 4 WT  
5630 - 2x221 - 4 x 4 WT  
5631 - 2x222 - 4 x 4 WT  
5632 - 2x223 - 4 x 4 WT  
5633 - 2x224 - 4 x 4 WT  
5634 - 2x225 - 4 x 4 WT  
5635 - 2x226 - 4 x 4 WT  
5636 - 2x227 - 4 x 4 WT  
5637 - 2x228 - 4 x 4 WT  
5638 - 2x229 - 4 x 4 WT  
5639 - 2x230 - 4 x 4 WT  
5640 - 2x231 - 4 x 4 WT  
5641 - 2x232 - 4 x 4 WT  
5642 - 2x233 - 4 x 4 WT  
5643 - 2x234 - 4 x 4 WT  
5644 - 2x235 - 4 x 4 WT  
5645 - 2x236 - 4 x 4 WT  
5646 - 2x237 - 4 x 4 WT  
5647 - 2x238 - 4 x 4 WT  
5648 - 2x239 - 4 x 4 WT  
5649 - 2x240 - 4 x 4 WT  
5650 - 2x241 - 4 x 4 WT  
5651 - 2x242 - 4 x 4 WT  
5652 - 2x243 - 4 x 4 WT  
5653 - 2x244 - 4 x 4 WT  
5654 - 2x245 - 4 x 4 WT  
5655 - 2x246 - 4 x 4 WT  
5656 - 2x247 - 4 x 4 WT  
5657 - 2x248 - 4 x 4 WT  
5658 - 2x249 - 4 x 4 WT  
5659 - 2x250 - 4 x 4 WT  
5660 - 2x251 - 4 x 4 WT  
5661 - 2x252 - 4 x 4 WT  
5662 - 2x253 - 4 x 4 WT  
5663 - 2x254 - 4 x 4 WT  
5664 - 2x255 - 4 x 4 WT  
5665 - 2x256 - 4 x 4 WT  
5666 - 2x257 - 4 x 4 WT  
5667 - 2x258 - 4 x 4 WT  
5668 - 2x259 - 4 x 4 WT  
5669 - 2x260 - 4 x 4 WT  
5670 - 2x261 - 4 x 4 WT  
5671 - 2x262 - 4 x 4 WT  
5672 - 2x263 - 4 x 4 WT  
5673 - 2x264 - 4 x 4 WT  
5674 - 2x265 - 4 x 4 WT  
5675 - 2x266 - 4 x 4 WT  
5676 - 2x267 - 4 x 4 WT  
5677 - 2x268 - 4 x 4 WT  
5678 - 2x269 - 4 x 4 WT  
5679 - 2x270 - 4 x 4 WT  
5680 - 2x271 - 4 x 4 WT  
5681 - 2x272 - 4 x 4 WT  
5682 - 2x273 - 4 x 4 WT  
5683 - 2x274 - 4 x 4 WT  
5684 - 2x275 - 4 x 4 WT  
5685 - 2x276 - 4 x 4 WT  
5686 - 2x277 - 4 x 4 WT  
5687 - 2x278 - 4 x 4 WT  
5688 - 2x279 - 4 x 4 WT  
5689 - 2x280 - 4 x 4 WT  
5690 - 2x281 - 4 x 4 WT  
5691 - 2x282 - 4 x 4 WT  
5692 - 2x283 - 4 x 4 WT  
5693 - 2x284 - 4 x 4 WT  
5694 - 2x285 - 4 x 4 WT  
5695 - 2x286 - 4 x 4 WT  
5696 - 2x287 - 4 x 4 WT  
5697 - 2x288 - 4 x 4 WT  
5698 - 2x289 - 4 x 4 WT  
5699 - 2x290 - 4 x 4 WT  
5700 - 2x291 - 4 x 4 WT  
5701 - 2x292 - 4 x 4 WT  
5702 - 2x293 - 4 x 4 WT  
5703 - 2x294 - 4 x 4 WT  
5704 - 2x295 - 4 x 4 WT  
5705 - 2x296 - 4 x 4 WT  
5706 - 2x297 - 4 x 4 WT  
5707 - 2x298 - 4 x 4 WT  
5708 - 2x299 - 4 x 4 WT  
5709 - 2x300 - 4 x 4 WT  
5710 - 2x301 - 4 x 4 WT  
5711 - 2x302 - 4 x 4 WT  
5712 - 2x303 - 4 x 4 WT  
5713 - 2x304 - 4 x 4 WT  
5714 - 2x305 - 4 x 4 WT  
5715 - 2x306 - 4 x 4 WT  
5716 - 2x307 - 4 x 4 WT  
5717 - 2x308 - 4 x 4 WT  
5718 - 2x309 - 4 x 4 WT  
5719 - 2x310 - 4 x 4 WT  
5720 - 2x311 - 4 x 4 WT  
5721 - 2x312 - 4 x 4 WT  
5722 - 2x313 - 4 x 4 WT  
5723 - 2x314 - 4 x 4 WT  
5724 - 2x315 - 4 x 4 WT  
5725 - 2x316 - 4 x 4 WT  
5726 - 2x317 - 4 x 4 WT  
5727 - 2x318 - 4 x 4 WT  
5728 - 2x319 - 4 x 4 WT  
5729 - 2x320 - 4 x 4 WT  
5730 - 2x321 - 4 x 4 WT  
5731 - 2x322 - 4 x 4 WT  
5732 - 2x323 - 4 x 4 WT  
5733 - 2x324 - 4 x 4 WT  
5734 - 2x325 - 4 x 4 WT  
5735 - 2x326 - 4 x 4 WT  
5736 - 2x327 - 4 x 4 WT  
5737 - 2x328 - 4 x 4 WT  
5738 - 2x329 - 4 x 4 WT  
5739 - 2x330 - 4 x 4 WT  
5740 - 2x331 - 4 x 4 WT  
5741 - 2x332 - 4 x 4 WT  
5742 - 2x333 - 4 x 4 WT  
5743 - 2x334 - 4 x 4 WT  
5744 - 2x335 - 4 x 4 WT  
5745 - 2x336 - 4 x 4 WT  
5746 - 2x337 - 4 x 4 WT  
5747 - 2x338 - 4 x 4 WT  
5748 - 2x339 - 4 x 4 WT  
5749 - 2x340 - 4 x 4 WT  
5750 - 2x341 - 4 x 4 WT  
5751 - 2x342 - 4 x 4 WT  
5752 - 2x343 - 4 x 4 WT  
5753 - 2x344 - 4 x 4 WT  
5754 - 2x345 - 4 x 4 WT  
5755 - 2x346 - 4 x 4 WT  
5756 - 2x347 - 4 x 4 WT  
5757 - 2x348 - 4 x 4 WT  
5758 - 2x349 - 4 x 4 WT  
5759 - 2x350 - 4 x 4 WT  
5760 - 2x351 - 4 x 4 WT  
5761 - 2x352 - 4 x 4 WT  
5762 - 2x353 - 4 x 4 WT  
5763 - 2x354 - 4 x 4 WT  
5764 - 2x355 - 4 x 4 WT  
5765 - 2x356 - 4 x 4 WT  
5766 - 2x357 - 4 x 4 WT  
5767 - 2x358 - 4 x 4 WT  
5768 - 2x359 - 4 x 4 WT  
5769 - 2x360 - 4 x 4 WT  
5770 - 2x361 - 4 x 4 WT  
5771 - 2x362 - 4 x 4 WT  
5772 - 2x363 - 4 x 4 WT  
5773 - 2x364 - 4 x 4 WT  
5774 - 2x365 - 4 x 4 WT  
5775 - 2x366 - 4 x 4 WT  
5776 - 2x367 - 4 x 4 WT  
5777 - 2x368 - 4 x 4 WT  
5778 - 2x369 - 4 x 4 WT  
5779 - 2x370 - 4 x 4 WT  
5780 - 2x371 - 4 x 4 WT  
5781 - 2x372 - 4 x 4 WT  
5782 - 2x373 - 4 x 4 WT  
5783 - 2x374 - 4 x 4 WT  
5784 - 2x375 - 4 x 4 WT  
5785 - 2x376 - 4 x 4 WT  
5786 - 2x377 - 4 x 4 WT  
5787 - 2x378 - 4 x 4 WT  
5788 - 2x379 - 4 x 4 WT  
5789 - 2x380 - 4 x 4 WT  
5790 - 2x381 - 4 x 4 WT  
5791 - 2x382 - 4 x 4 WT  
5792 - 2x383 - 4 x 4 WT  
5793 - 2x384 - 4 x 4 WT  
5794 - 2x385 - 4 x 4 WT  
5795 - 2x386 - 4 x 4 WT  
5796 - 2x387 - 4 x 4 WT  
5797 - 2x388 - 4 x 4 WT  
5798 - 2x389 - 4 x 4 WT  
5799 - 2x390 - 4 x 4 WT  
5800 - 2x391 - 4 x 4 WT  
5801 - 2x392 - 4 x 4 WT  
5802 - 2x393 - 4 x 4 WT  
5803 - 2x394 - 4 x 4 WT  
5804 - 2x395 - 4 x 4 WT  
5805 - 2x396 - 4 x 4 WT  
5806 - 2x397 - 4 x 4 WT  
5807 - 2x398 - 4 x 4 WT  
5808 - 2x399 - 4 x 4 WT  
5809 - 2x400 - 4 x 4 WT  
5810 - 2x401 - 4 x 4 WT  
5811 - 2x402 - 4 x 4 WT  
5812 - 2x403 - 4 x 4 WT  
5813 - 2x404 - 4 x 4 WT  
5814 - 2x405 - 4 x 4 WT  
5815 - 2x406 - 4 x 4 WT  
5816 - 2x407 - 4 x 4 WT  
5817 - 2x408 - 4 x 4 WT  
5818 - 2x409 - 4 x 4 WT  
5819 - 2x410 - 4 x 4 WT  
5820 - 2x411 - 4 x 4 WT  
5821 - 2x412 - 4 x 4 WT  
5822 - 2x413 - 4 x 4 WT  
5823 - 2x414 - 4 x 4 WT  
5824 - 2x415 - 4 x 4 WT  
5825 - 2x416 - 4 x 4 WT  
5826 - 2x417 - 4 x 4 WT  
5827 - 2x418 - 4 x 4 WT  
5828 - 2x419 - 4 x 4 WT  
5829 - 2x420 - 4 x 4 WT  
5830 - 2x421 - 4 x 4 WT  
5831 - 2x422 - 4 x 4 WT  
5832 - 2x423 - 4 x 4 WT  
5833 - 2x424 - 4 x 4 WT  
5834 - 2x425 - 4 x 4 WT  
5835 - 2x426 - 4 x 4 WT  
5836 - 2x427 - 4 x 4 WT  
5837 - 2x428 - 4 x 4 WT  
5838 - 2x429 - 4 x 4 WT  
5839 - 2x430 - 4 x 4 WT  
5840 - 2x431 - 4 x 4 WT  
5841 - 2x432 - 4 x 4 WT  
5842 - 2x433 - 4 x 4 WT  
5843 - 2x434 - 4 x 4 WT  
5844 - 2x435 - 4 x 4 WT  
5845 - 2x436 - 4 x 4 WT  
5846 - 2x437 - 4 x 4 WT  
5847 - 2x438 - 4 x 4 WT  
5848 - 2x439 - 4 x 4 WT  
5849 - 2x440 - 4 x 4 WT  
5850 - 2x441 - 4 x 4 WT  
5851 - 2x442 - 4 x 4 WT  
5852 - 2x443 - 4 x 4 WT  
5853 - 2x444 - 4 x 4 WT  
5854 - 2x445 - 4 x 4 WT  
5855 - 2x446 - 4 x 4 WT  
5856 - 2x447 - 4 x 4 WT  
5857 - 2x448 - 4 x 4 WT  
5858 - 2x449 - 4 x 4 WT  
5859 - 2x450 - 4 x 4 WT  
5860 - 2x451 - 4 x 4 WT  
5861 - 2x452 - 4 x 4 WT  
5862 - 2x453 - 4 x 4 WT  
5863 - 2x454 - 4 x 4 WT  
5864 - 2x455 - 4 x 4 WT  
5865 - 2x456 - 4 x 4 WT  
5866 - 2x457 - 4 x 4 WT  
5867 - 2x458 - 4 x 4 WT  
5868 - 2x459 - 4 x 4 WT  
5869 - 2x460 - 4 x 4 WT  
5870 - 2x461 - 4 x 4 WT  
5871 - 2x462 - 4 x 4 WT  
5872 - 2x463 - 4 x 4 WT  
5873 - 2x464 - 4 x 4 WT  
5874 - 2x465 - 4 x 4 WT  
5875 - 2x466 - 4 x 4 WT  
5876 - 2x467 - 4 x 4 WT  
5877 - 2x468 - 4 x 4 WT  
5878 - 2x469 - 4 x 4 WT  
5879 - 2x470 - 4 x 4 WT  
5880 - 2x471 - 4 x 4 WT  
5881 - 2x472 - 4 x 4 WT  
5882 - 2x473 - 4 x 4 WT  
5883 - 2x474 - 4 x 4 WT  
5884 - 2x475 - 4 x 4 WT  
5885 - 2x476 - 4 x 4 WT  
5886 - 2x477 - 4 x 4 WT  
5887 - 2x478 - 4 x 4 WT  
5888 - 2x479 - 4 x 4 WT  
5889 - 2x480 - 4 x 4 WT  
5890 - 2x481 - 4 x 4 WT  
5891 - 2x482 - 4 x 4 WT  
5892 - 2x483 - 4 x 4 WT  
5893 - 2x484 - 4 x 4 WT  
5894 - 2x485 - 4 x 4 WT  
5895 - 2x486 - 4 x 4 WT  
5896 - 2x487 - 4 x 4 WT  
5897 - 2x488 - 4 x 4 WT  
5898 - 2x489 - 4 x 4 WT  
5899 - 2x490 - 4 x 4 WT  
5900 - 2x491 - 4 x 4 WT  
5901 - 2x492 - 4 x 4 WT  
5902 - 2x493 - 4 x 4 WT  
5903 - 2x494 - 4 x 4 WT  
5904 - 2x495 - 4 x 4 WT  
5905 - 2x496 - 4 x 4 WT  
5906 - 2x497 - 4 x 4 WT  
5907 - 2x498 - 4 x 4 WT  
5908 - 2x499 - 4 x 4 WT  
5909 - 2x500 - 4 x 4 WT  
5910 - 2x501 - 4 x 4 WT  
5911 - 2x502 - 4 x 4 WT  
5912 - 2x503 - 4 x 4 WT  
5913 - 2x504 - 4 x 4 WT  
5914 - 2x505 - 4 x 4 WT  
5915 - 2x506 - 4 x 4 WT  
5916 - 2x507 - 4 x 4 WT  
5917 - 2x508 - 4 x 4 WT  
5918 - 2x509 - 4 x 4 WT  
5919 - 2x510 - 4 x 4 WT  
5920 - 2x511 - 4 x 4 WT  
5921 - 2x512 - 4 x 4 WT  
5922 - 2x513 - 4 x 4 WT  
5923 - 2x514 - 4 x 4 WT  
5924 -

## ANEXO D: Ficha Do Aço 42CrMo4 - OVAKO

Quenched-and-tempered **Cromax® 42CrMo4** is manufactured from the standard low-alloy chromium-molybdenum steel. The product finds application where there is a requirement for elevated strength in combination with a defined and high level of toughness.

### Average chemical analysis Cromax® 42CrMo4

C %	Si %	Mn %	S %	Cr %	Mo %
0.42	0.25	0.80	0.02	1.05	0.20

### Corresponding standards

The table shows the closest equivalent standard for the steel in Cromax 42CrMo4.

Cromax	EN	DIN	BS	AFNOR	SAE/ASTM
42CrMo4	42CrMo4+QT	42CrMo4V	708M40	42CD4	4140

### Mechanical properties

Quenched and tempered in accordance with EN 10083-1 + A1. Other heat-treatment conditions can be supplied by special arrangement.

Size (φ), mm	Yield stress, $R_{p0.2}$ , N/mm <sup>2</sup> , min.	Ultimate tensile stress, $R_{m}$ , N/mm <sup>2</sup>	Elongation, $A_5$ , %, min.	Hardness, HB	Toughness, KV, Joule, min.
< 40	750	1000 - 1200	11	295 - 355	35 at 20 °C
40 - 95	650	900 - 1100	12	265 - 325	35 at 20 °C
> 95	550	800 - 950	13	235 - 295	35 at 20 °C

### Chrome layer

The thickness of the chrome layer is minimum 20 µm.

### Surface roughness

The surface roughness (Ra) is always less than 0.2 µm and normally in the range 0.05-0.15 µm. Rt (ISO) is always less than 2.0 µm and normally in the range 0.5-1.5 µm.

### Surface hardness, induction hardening

The chrome layer hardness is 850 HV<sub>0.1</sub>.

Cromax 42CrMo4 can be supplied in an induction-hardened execution. In such a case, the hardness immediately beneath the chrome layer is 55 HRC min., and the depth of hardening is between 1.0 and 3.0 mm depending on dimension.

However, for applications requiring a surface-hardened execution, Cromax IH 482, induction-hardened hard-chrome bar is recommended.

### Straightness

The maximum deviation is 0.2 mm/1.0 m.

### Roundness

The out of roundness is maximised at 50% of the diameter tolerance interval.

### Diameter tolerance

ISO f7 is standard. Other tolerances can be supplied upon request (narrowest range is ISO level 7).

### Tolerance ranges

Size, mm	ISO f7, µm	
	upper	lower
> 18 - 30	- 20	- 41
> 30 - 50	- 25	- 50
> 50 - 80	- 30	- 60
> 80 - 120	- 36	- 71

### Standard sizes

Dia., mm	kg/m	Dia., mm	kg/m	Dia., inch	kg/m
25	3.85	60	22.19	1	3.97
28	4.83	63	24.47	1 1/4	6.22
30	5.55	65	26.05	1 1/2	8.94
32	6.31	70	30.21	1 3/4	12.19
35	7.55	75	34.68	2	15.91
36	7.99	80	39.46	2 1/4	20.13
38	8.90	85	44.54	2 1/2	24.87
40	9.86	90	49.94	2 3/4	30.09
42	10.88	100	61.65	3	35.81
45	12.48	110	74.60	3 1/4	42.03
50	15.41			3 1/2	48.72
55	18.65			4	63.65
56	19.33				

Other sizes can be supplied upon request but not outside the above range.

### Delivery lengths

Production lengths are between 4.0-7.6 m. Standard is 6.1+0.1/-0 m. Bars with length 7.6+0.1/-0 m can only be supplied for diameters between 40-80 mm.

The "unchromed length" of each bar, i.e. the distance at each end over which the chrome-layer properties and tolerances can not be guaranteed, is at most 0.15 m per end, i.e. 0.3 m in total per bar.

Fixed, cut lengths can be supplied if required, but at a higher price than production lengths.

### Weldability

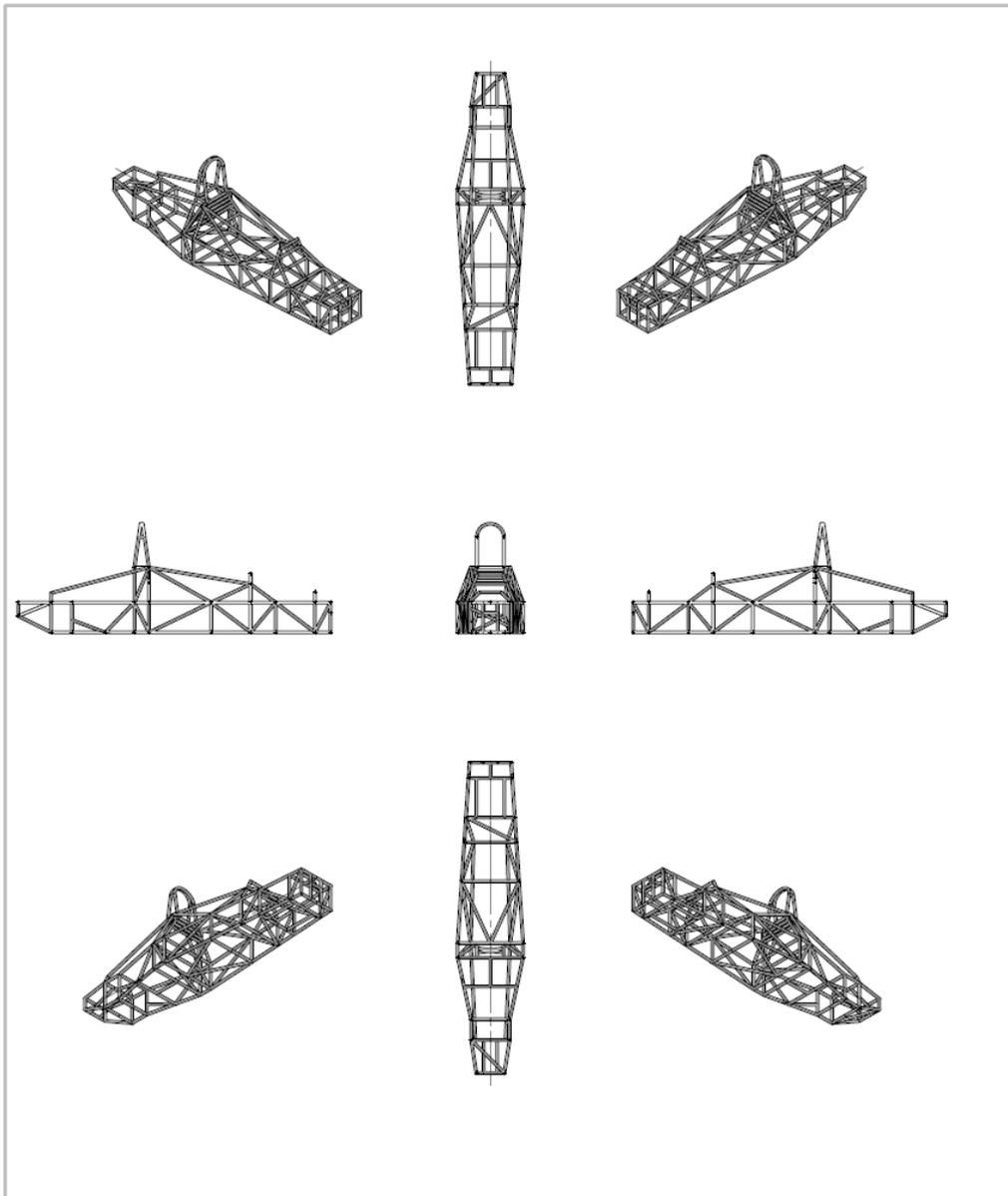
Cromax 42CrMo4 has only limited weldability. Preheating to 200-300°C is strongly recommended; the upper limit should not be exceeded because of risk for deterioration of the chrome layer.

Cromax 42CrMo4 can be friction welded. However, precautions are necessary so as to limit the formation of undesirable micro-structures in the welded zone.

### ANEXO E: Propriedade Dos Aços

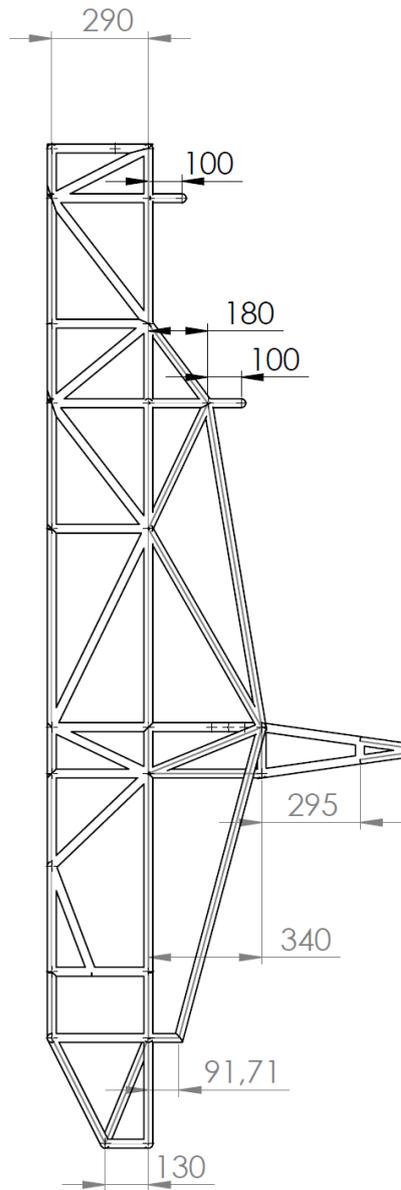
Aço	φ Diâmetro	Espessura	Area	Volume/m	Peso/m	I	J
	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>3</sup> ]	[kg/m]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>4</sup> ]
25Crmo4	8	0,8	18,096	18095,574	0,141	7,419	14,838
25Crmo4	10	0,8	23,122	23122,122	0,180	15,405	30,810
25Crmo4	12	0,8	28,149	28148,670	0,220	27,726	55,453
25Crmo4	12	1,5	49,480	49480,084	0,386	43,488	86,977
25Crmo4	14	0,8	33,175	33175,218	0,259	45,326	90,651
25Crmo4	15	1,5	63,617	63617,251	0,496	91,698	183,397
25Crmo4	18	1	53,407	53407,075	0,417	121,000	242,001
25Crmo4	20	1,5	87,179	87179,196	0,680	234,635	469,269
25Crmo4	22	1,5	96,604	96603,974	0,754	318,869	637,737
25Crmo4	25	1,5	110,741	110741,141	0,864	479,734	959,468
25Crmo4	25	2	144,513	144513,262	1,127	601,762	1203,525
45Crmo D4	28	1,5	124,878	124878,308	0,974	687,318	1374,637
45Crmo D4	28	2	163,3628	163362,82	1,27423	867,865	1735,73
25Crmo4	30	1,5	134,3031	134303,09	1,047564	854,6083	1709,217
25Crmo4	30	2	175,9292	175929,19	1,372248	1083,064	2166,128
	32	1,5	143,7279	143727,86	1,121077	1047,08	2094,16
25Crmo4	32	2	188,4956	188495,56	1,470265	1331,25	2662,5
25Crmo4	35	1,5	157,865	157865,03	1,231347	1386,869	2773,738
25Crmo4	35	2	207,3451	207345,12	1,617292	1770,533	3541,066
	38	1,5	172,0022	172002,2	1,341617	1793,257	3586,515
	38	2	226,1947	226194,67	1,764318	2297,29	4594,579
25Crmo4	38	2,5	278,8163	278816,35	2,174768	2758,757	5517,514
25Crmo4	40	1,5	181,427	181426,98	1,41513	2104,128	4208,255
25Crmo4	40	2	238,761	238761,04	1,862336	2700,984	5401,969
	40	2,5	294,5243	294524,31	2,29729	3250,122	6500,244
Tuga	42	2,6	321,8248	321824,75	2,510233	3920,027	7840,053
	45	1,5	204,9889	204988,92	1,598914	3033,996	6067,992
	45	2	270,177	270176,97	2,10738	3911,234	7822,468
25Crmo4	45	2,5	333,7942	333794,22	2,603595	4726,578	9453,157
	50	1,5	228,5509	228550,87	1,782697	4204,086	8408,172
25Crmo4	50	2	301,5929	301592,89	2,352425	5438,097	10876,19

**ANEXO F: Desenhos Técnicos Gloria-B4**



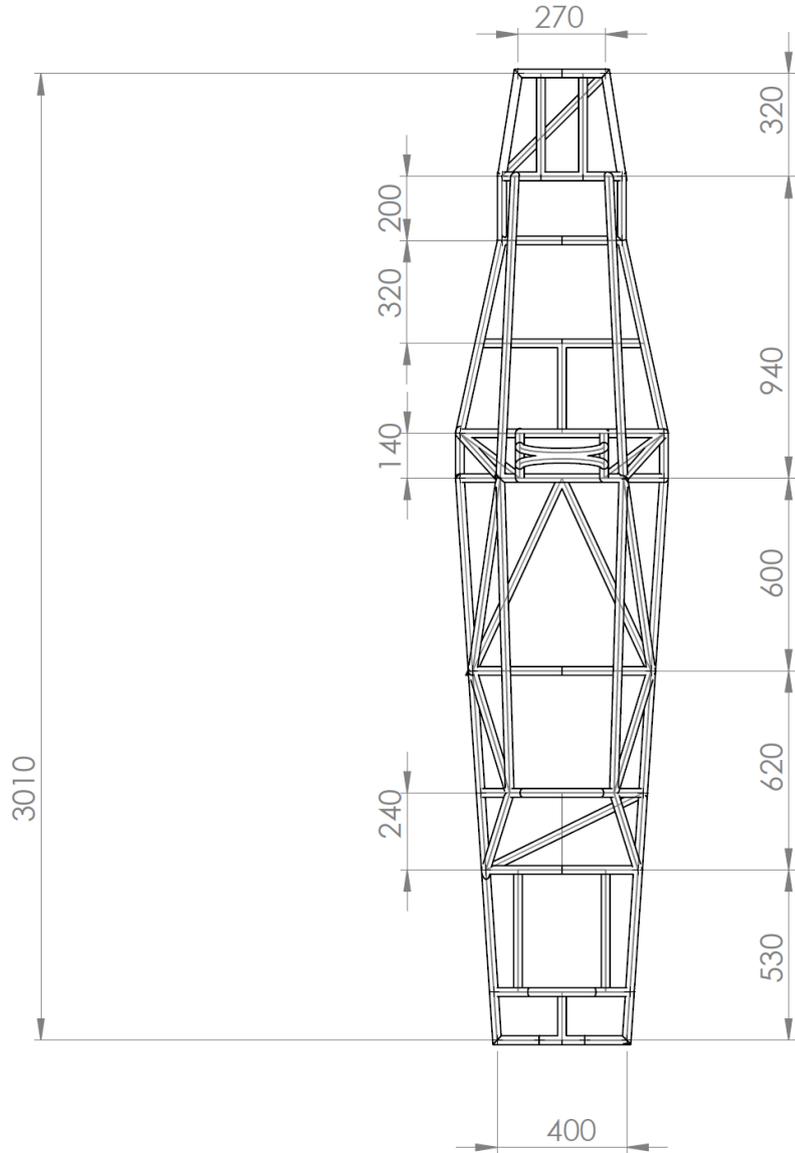
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
CHK'D						
APP'VD						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG. NO.	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 1 OF 1

Projecto de um chassi Tubular para um veículo de competição "Single Seater"



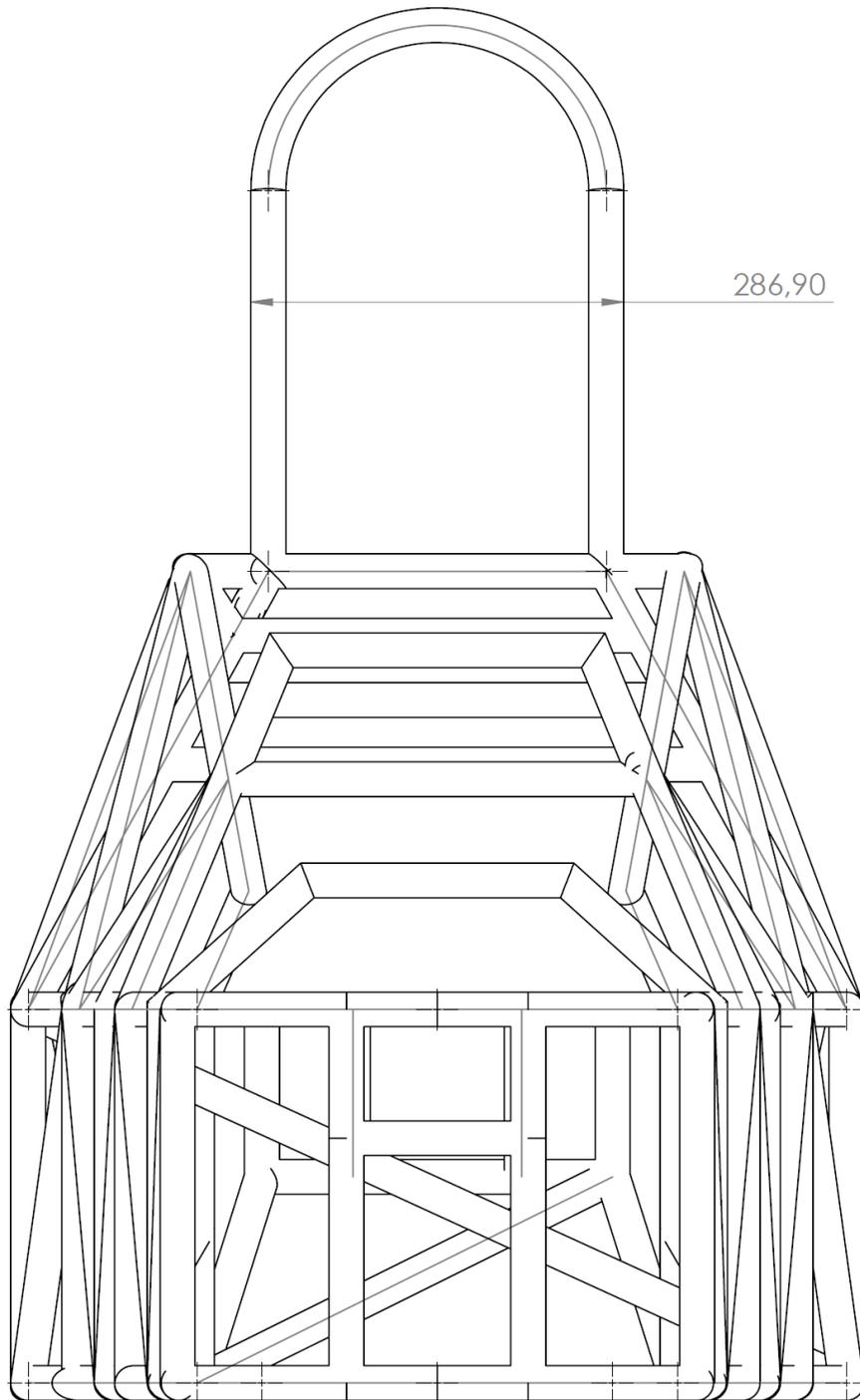
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN									
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO. <b>Gloria B4- vista lateral</b>	
						WEIGHT:		SCALE:1:50	
								SHEET 1 OF 1	

Projecto de um chassi Tubular para um veiculo de competição "Single Seater"



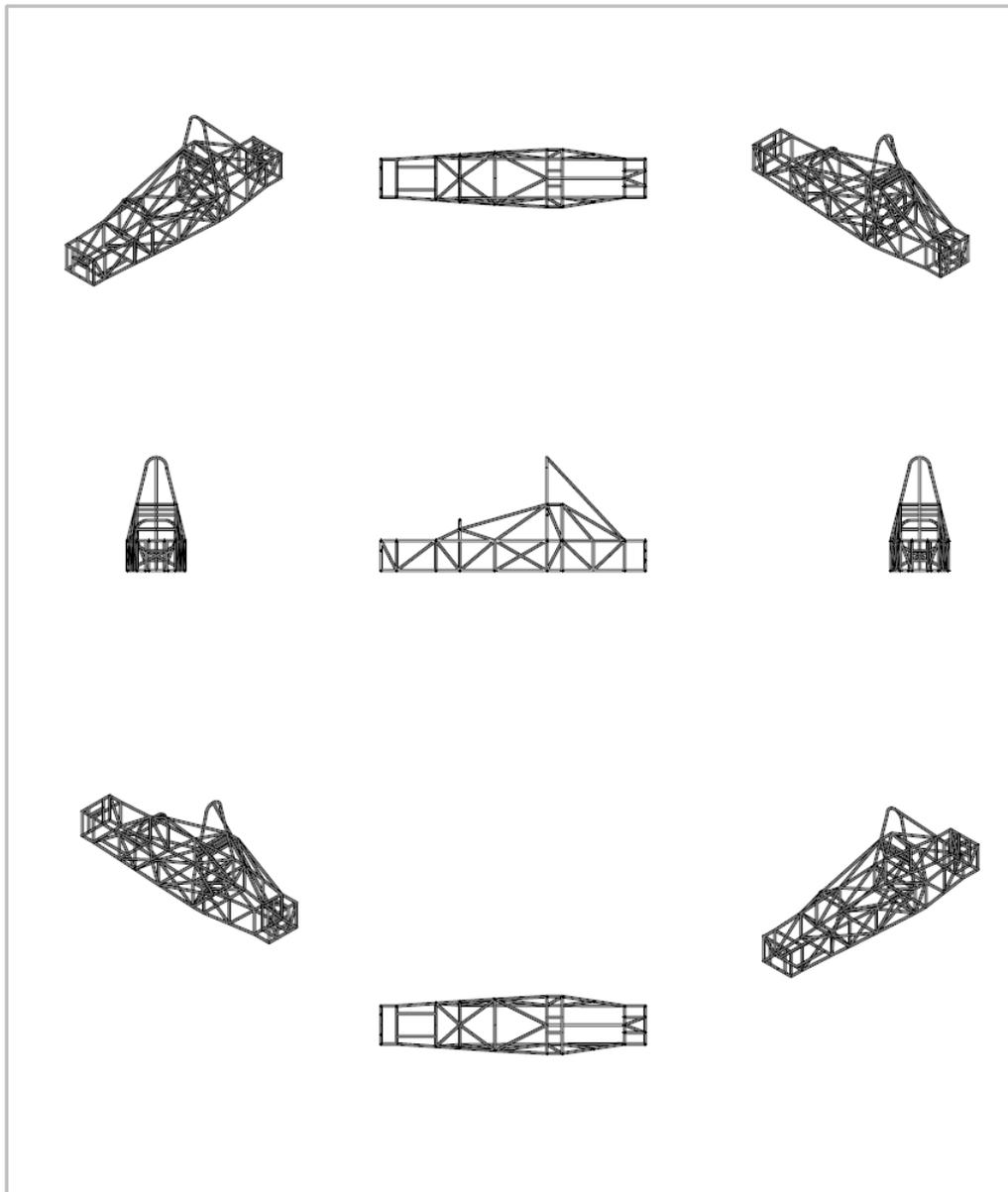
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL:		DWS SIG.		Gloria B4- vista de cima	
				WEIGHT:		SCALE: 1:50		SHEET 1 OF 1	

Projecto de um chassi Tubular para um veículo de competição "Single Seater"



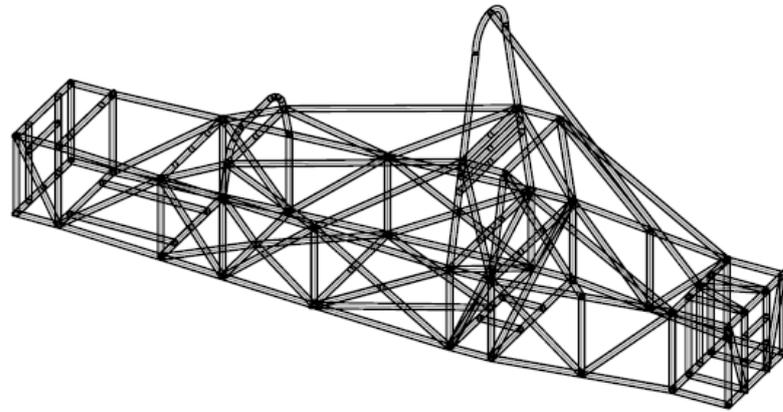
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL:		DWG NO:		A4	
						Gloria B4- vista frente			
				WEIGHT:		SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1	

**ANEXO G: Desenhos Técnicos Spartan evo 2**



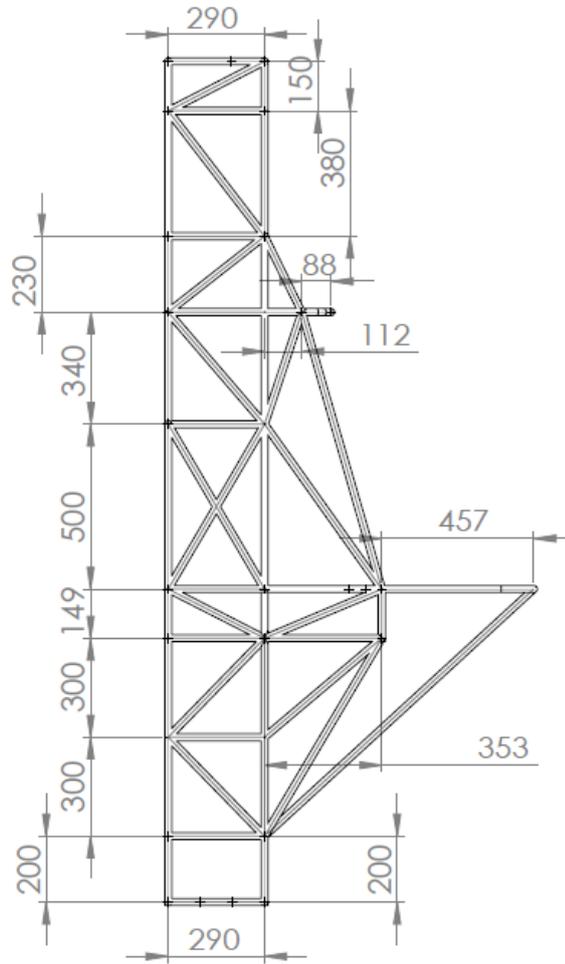
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
CHK'D						
APP'D						
MFG						
G.A.				MATERIAL:	DWG NO. Spartan evo 2_ final	
				WEIGHT:	SCALE: 1:50	A4
					SHEET 1 OF 1	

Projecto de um chassi Tubular para um veiculo de competição "Single Seater"



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHKD									
APPVD									
MFG									
G.A				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
						Spartan_evo_2 Vista isometrica			
				WEIGHT:		SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1	

Projecto de um chassi Tubular para um veiculo de competição "Single Seater"



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

DWG NO.

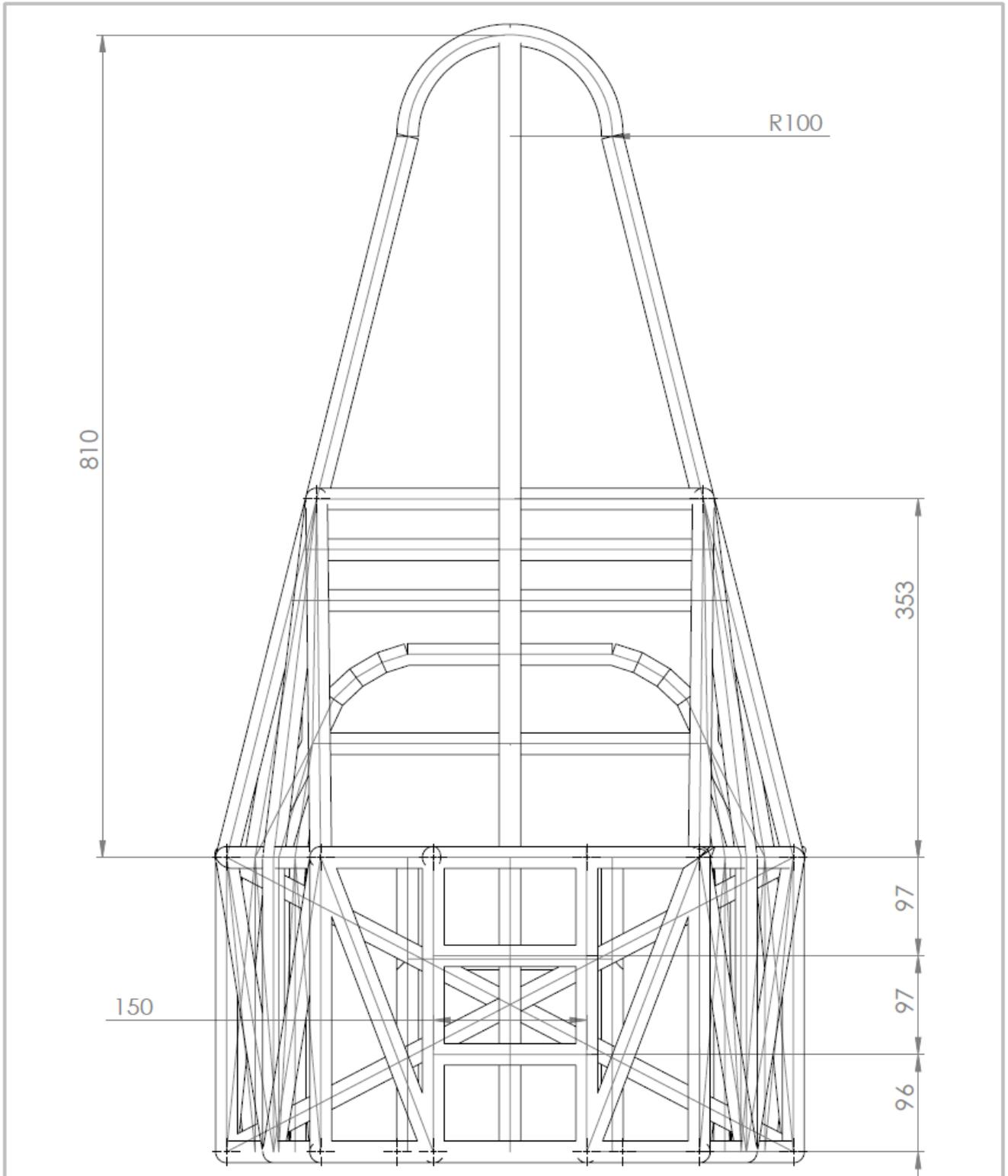
Spartan evo 2\_ Vista Lateral

A4

SCALE:1:20

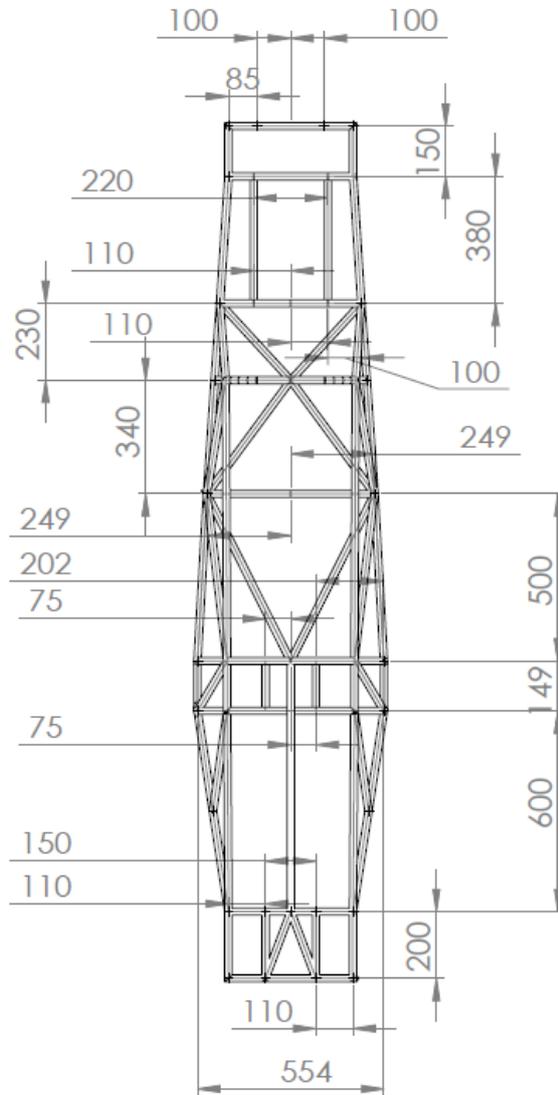
SHEET 1 OF 1

Projecto de um chassi Tubular para um veículo de competição "Single Seater"



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHKD									
APPVD									
MFG									
G.A						MATERIAL:		DWG NO.	
								Spartan-evo2-Vista de Frente	
								A4	
						WEIGHT:		SCALE:1:50	
								SHEET 1 OF 1	

Projecto de um chassi Tubular para um veiculo de competição "Single Seater"



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHKD									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
								Spartan_evo 2_Vista de Cima	
						WEIGHT:		SCALE:1:50	
								SHEET 1 OF 1	