

**Concepção de uma armadura de segurança
para um automóvel de competição**

Samuel Moura Ramos

Relatório do projecto final

Orientadores: Prof. Abel Dias dos Santos e Prof. José Ferreira Duarte



FEUP

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

Julho 2008

Aos meus Pais e à minha Irmã...

Resumo

A armadura de segurança é um componente indissociável de qualquer automóvel de competição. O facto de proteger os ocupantes dos veículos em caso de acidente obriga cuidados específicos aquando da sua concepção e fabricação.

Neste trabalho, foi concebido uma armadura de segurança para um automóvel de competição. O veículo sujeito à preparação foi um Peugeot 308.

Foram realizadas pesquisas em várias áreas: na segurança automóvel, nos vários tipos de armaduras, na homologação das mesmas e na importância dos meios computacionais na concepção de tais estruturas. A concepção de armaduras de segurança não tem sido objecto de estudos intensivos o que dificultou as pesquisas neste campo. O anexo J art. 253 da FPAK (Federação Portuguesa de Automobilismo e Karting) (ver anexo A) foi um documento de grande importância para este trabalho, pois definiu grande parte dos objectivos da concepção.

Foram retiradas medidas no próprio automóvel que definiram as geometrias e os pontos de fixação da armadura. De acordo com as dimensões do veículo, foram modelados tridimensionalmente no programa de CAD SolidWorks dois modelos de armaduras para o Peugeot 308. Foi escolhido e caracterizado o material a utilizar: o aço 25CrMo4. A última etapa do projecto foi a simulação dos ensaios estáticos, com o auxílio de um programa de elementos finitos, para homologação dos dois modelos. Também foi simulado um ensaio de grande importância pelo facto de provocar lesões muito graves em caso de acidente: o impacto lateral.

Após análise dos resultados, conclui-se que os dois modelos satisfazem os requisitos do regulamento. As deformações resultantes das cargas aplicadas nos vários ensaios são da mesma ordem de grandeza para os dois modelos, excepto para o ensaio de impacto lateral onde se detectou uma grande diferença.

Abstract

The roll cage is a key component to mention when discussing competition cars. As its purpose is to protect the driver inside the car in case of an accident, the conception and the building stages require a particular attention.

The aim of this work was to conceive a roll cage for a competition car. The preparation work was completed on the Peugeot 308.

The various topics of investigation were: automobile safety, the different existing types of roll cages, their homologation and the importance of computational means to conceive such structures. The conception of roll cages has not been studied intensively yet which made it more difficult to investigate. The annex J, from the article 253 of the FPAK (Portuguese Federation of Motor cars and Karting) (please refer to Annex A), has been a fundamental document for this work as it has defined the main conception goals.

The measurements taken from the vehicle itself defined the geometries and the fixation points of the roll cage. Then, in accordance with the dimensions of the vehicle, 2 roll cages for the Peugeot 308 have been modelled in 3D with SolidWorks CAD software. The material to be used has been chosen and characterised: 25CrRMo4 steel. Material simulation of standard benchmarks, needed to test the roll cage structure by using a finite element code for the homologation of the two models. A very important test has also been carried out because of the severe injuries such an impact can cause in case of an accident: the lateral impact test.

After analysing the results, the conclusion was that both models conform to the regulation. The deformations originated by the loads in the various tests are similar for both models except in the lateral impact test where a big difference was noticed.

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Eng^o Abel Dias dos Santos e Eng^o José Ferreira Duarte por toda a disponibilidade e orientação durante todo o curso e em especial na realização deste projecto.

Ao Sr. Joaquim Soares e ao meu colega João Ribeiro pela disponibilidade e pela ajuda prestada relacionada com noções de construção de uma armadura de segurança.

A toda a equipa da Gamobar, em particular, ao André Santos pela disponibilidade aquando das visitas à empresa para efectuar medições no Peugeot 308.

Ao meu colega João Rocha pela disponibilidade de várias revistas especializadas no tema abordado.

A todas as outras pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Índice

Índice de figuras	viii
Índice de tabelas	xi
1. Introdução e objectivos.....	1
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1. Segurança automóvel	3
2.1.2. Acidentes com automóveis.....	4
2.1.3. Ensaio destrutivos - EuroNCAP	7
2.2. Armaduras de segurança	8
2.2.1. Regulamento de acordo com o anexo J da FIA [FPAK, 2007]	10
2.2.2. Construção de acordo com as especificações do anexo J.....	11
2.2.2.1. Elementos e reforços	12
2.2.2.2. União dos componentes.....	14
2.2.2.3. Fixação à estrutura do automóvel.....	14
2.2.2.4. Material constituinte.....	14
2.2.3. Homologação, certificação - ensaios estáticos	15
2.3. Concepção assistida por computador	16
2.3.1. Método dos elementos finitos.....	16
3. Caso de aplicação – Peugeot 308.....	19
3.2. Características da carroçaria.....	20
3.3. Dimensões fornecidas pela marca	21
3.4. Medições efectuadas no próprio automóvel.....	23
4. Material da armadura de segurança	25
4.2. Propriedades	25
4.3. Caracterização mecânica	26
5. Concepção geométrica	29
6.1. Fases da concepção	30
6.2. Armadura modelo 1.....	32
6.3. Armadura modelo 2.....	33
7. Análise numérica – elementos finitos	34
7.1. Testes e validação de resultados com COSMOSWorks.....	34
7.1.1. Teste de tracção	36
7.1.1.1. Análise linear-elástica	36
7.1.1.2. Análise elasto-plástica.....	37

7.1.2.	Teste de flexão	40
7.1.2.1.	Análise linear-elástica	40
7.1.2.2.	Análise elasto-plástica	41
7.1.3.	Teste com elementos sólidos e elementos de casca.....	42
7.1.3.1.	Testes de junção de tubos	43
7.2.	Simulação de ensaios da carga estática na estrutura completa.....	45
7.2.1.	Armadura modelo 1.....	47
7.2.1.1.	Ensaio no arco principal	47
7.2.1.2.	Ensaio no semi-arco lateral	49
7.2.1.3.	Ensaio de impacto lateral	51
7.2.2.	Armadura modelo 2.....	53
7.2.2.1.	Ensaio no arco principal	53
7.2.2.2.	Ensaio no semi-arco lateral	55
7.2.2.3.	Ensaio de impacto lateral	57
8.	Conclusões e trabalhos futuros	60
9.	Referências.....	64
ANEXO A:	Anexo J art. 253 - Equipamento de segurança FPAK.....	66
ANEXO B:	Ficha EuroNCAP - Peugeot 308	90
ANEXO C:	Catálogo Tennant Metall (tubos).....	91
ANEXO D:	Certificado material.....	92

Índice de figuras

Figura 1 - Sistemas de segurança activa – ESP [Warren, 2006]	3
Figura 2 - Exemplos de sistemas de segurança passiva - Airbag [Dodge, 2008] e cinto de segurança [Martins, 2005].....	3
Figura 3 - Sistema "Hans" [qf, 2007], cintos de segurança 6 pontos [F1Classement, 2008], interior de um automóvel de competição [WCF, 2007].....	4
Figura 4 - Exemplo de acidente rodoviário [DGV, 2004].....	5
Figura 5 - Consequências do primeiro impacto [DGV, 2004]	5
Figura 6 - Consequências do segundo impacto [DGV, 2004].....	5
Figura 7 - Possíveis danos corporais provocados pelo terceiro impacto [DGV, 2004].....	5
Figura 8 - Gráfico que relaciona acelerações (g's) com deslocamentos a determinadas velocidades de embate. [Sharp, 2006].....	6
Figura 9 - Zonas deformáveis e zonas mais resistentes de um automóvel. [DGV, 2004].....	6
Figura 10 - Impacto frontal EuroNCAP [EuroNCAP, 2008].....	7
Figura 11 - Impacto lateral EuroNCAP [EuroNCAP, 2008].....	7
Figura 12 - Impacto de esfera EuroNCAP [EuroNCAP, 2008]	7
Figura 13 - Armadura de segurança do Subaru S12 Prodrive [McKenzie, 2007].....	8
Figura 14 - Seat Leon WTCC e respectivo interior. [knivett, 2006].....	9
Figura 15 - Célula de segurança [Sharp, 2006].....	9
Figura 16 - Chassis completo tubular incluindo armadura de segurança de um automóvel do campeonato Trans-Am. [Carney, 2005].....	10
Figura 17 - Possíveis estruturas base da armadura de segurança [FFSA, 2008].....	11
Figura 18 - Elementos diagonais [FFSA, 2008].....	12
Figura 19 - Elementos das portas e reforços de tejadilho [FFSA, 2008]	12
Figura 20 - Reforço do montante do pára-brisas [FFSA, 2008].....	12
Figura 21 - Reforços facultativos [FFSA, 2008].....	13
Figura 22 - Tipo de prensa utilizada no ensaio no arco principal [FFSA, 2006]	15
Figura 23 - Esquema de aplicação da carga no ensaio no arco frontal ou no semi-arco lateral [FFSA, 2006].....	15
Figura 24 – Estrutura do McLaren MP4B F1 de 1982 e respectiva malha de elementos finitos. [Van Valkenburg, 2000].....	16
Figura 25 - McLaren Cosworth MP4B F1 de 1982 [Memorabilia]	17
Figura 26 - Chassis de um veículo da Wiston Cup (EUA) [Thompson, 1998].....	17
Figura 27 - Peugeot 308 de 5 portas [CarAdvice, 2007].....	19
Figura 28 - Instalações da Gamobar no Porto [Gamobar, 2008].....	19

Figura 29 - Várias versões do Peugeot 308: CC [ForumPeugeot, 2007], SW [CarAdvice, 2007] e 3 portas [AutoCity, 2007].....	19
Figura 30 - Estrutura do Peugeot 308 [Peugeot, 2007]	20
Figura 31 - Zonas de dissipação de energia: Principal, inferior e terceira zona. [Peugeot, 2007].	20
Figura 32 - Pilar central, laterais e arco do tejadilho. [Peugeot, 2007]	21
Figura 33 - Reforços laterais das portas e travessa traseira. [Peugeot, 2007]	21
Figura 34 - Dimensões exteriores do veículo. [Peugeot, 2007]	22
Figura 35 – Dimensões interiores do veículo. [Peugeot, 2007]	22
Figura 36 - Veículo Peugeot 308 na Gamobar	23
Figura 37 – Medições do arco do tejadilho e respectiva fotografia.	23
Figura 38 - Medições frontal e respectiva fotografia	23
Figura 39 - Medições provisórias da armadura de segurança e fotografia lateral do veículo	24
Figura 40 - Localização dos pontos de fixação na estrutura do veículo.....	24
Figura 41 - Representação aproximada da curva tensão/deformação de um ensaio de tracção do material.....	26
Figura 42 - Curva aproximada Tensão/Deformação real do material 25CrMo4.....	28
Figura 43 - Estrutura base da armadura de segurança [FFSA, 2008].....	29
Figura 44 - Sketch do arco principal da armadura	30
Figura 45 - Sketch com dimensões dos tubos.	30
Figura 46 - Construção do arco principal.....	30
Figura 47 - Ligação de tubos: antes e após o “trim”	31
Figura 48 – Várias vistas do modelo 1 da armadura de segurança	32
Figura 49 - Várias vistas do modelo 2 da armadura de segurança.	33
Figura 50 - Curva Tensão/Deformação real do material.....	34
Figura 51 - Barra de Perfil quadrado.....	35
Figura 52 - Tubo de perfil quadrado	35
Figura 53 - Tubo de perfil circular	35
Figura 54 - Ensaio de tracção.....	36
Figura 55 - Método iterativo para obtenção das tensões e deformações.....	38
Figura 56 - Ensaio de flexão.	40
Figura 57 - Ligação de dois tubos do mesmo diâmetro.	42
Figura 58 - Área de ligação do tubo e malha usando elementos sólidos.....	42
Figura 59 - Linha de ligação do tubo e malha usando elementos de casca.....	42
Figura 60 - Ensaio para testes de junção de tubos: primeiro ensaio e segundo ensaio.....	43
Figura 61 - Resultados usando elementos sólidos para o primeiro ensaio e para o segundo ensaio.....	44

Figura 62 - Resultados usando elementos de casca para o primeiro ensaio e para o segundo ensaio.....	44
Figura 63 - Elemento triangular parabólico.....	45
Figura 64 - Localização de um nó e dos elementos adjacentes.....	46
Figura 65 - Ensaio no arco principal do modelo 1.....	47
Figura 66 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos para o ensaio no arco principal do modelo 1.....	47
Figura 67 - Localização dos pontos analisados para o ensaio no arco principal do modelo 1....	48
Figura 68 - Ensaio no semi-arco lateral do modelo 1.....	49
Figura 69 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos do ensaio no semi-arco lateral do modelo 1.....	49
Figura 70 - Localização dos pontos analisados para o ensaio no semi-arco lateral do modelo 1.....	50
Figura 71 - Ensaio de impacto lateral no modelo 1.....	51
Figura 72 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos do ensaio de impacto lateral do modelo 1.....	51
Figura 73 - Localização dos pontos analisados para o ensaio de impacto lateral do modelo 1..	52
Figura 74 - Ensaio no arco principal do modelo 2.....	53
Figura 75 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos para o ensaio no arco principal do modelo 2.....	53
Figura 76 - Localização dos pontos analisados para o ensaio no arco principal do modelo 2....	54
Figura 77 - Ensaio no semi-arco lateral do modelo 2.....	55
Figura 78 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos do ensaio no semi-arco lateral do modelo 2.....	55
Figura 79 - Localização dos pontos analisados para o ensaio no semi-arco lateral do modelo 2.....	56
Figura 80 -- Ensaio de impacto lateral no modelo 2.....	57
Figura 81 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos do ensaio de impacto lateral do modelo 2.....	57
Figura 82 - Localização dos pontos analisados para o ensaio de impacto lateral do modelo 2..	58
Figura 83 - Diferenças geométricas dos dois modelos concebidos.....	60
Figura 84 - Diferentes ensaios realizados: Ensaio no arco principal, ensaio no semi-arco lateral e ensaio de impacto lateral.....	61
Figura 85 – Gráfico de tensão em vários pontos para os três ensaios nos dois modelos.....	61
Figura 86 - Gráfico de deformação em vários pontos para os três ensaios nos dois modelos....	62
Figura 87 – Gráfico de deslocamento em vários pontos para os três ensaios nos dois modelos.	62

Índice de tabelas

Tabela 1 - Composição química do material 25CrMo4	25
Tabela 2 - Características principais das peças ensaiadas	35
Tabela 3 - Resultados COSMOSWorks da análise linear-elástica para o ensaio de tracção.....	37
Tabela 4 - Resultados COSMOSWorks da análise elasto-plástica do ensaio de tracção.	38
Tabela 5 - Resultados da resolução analítica da análise linear-elástica do o ensaio de flexão....	40
Tabela 6 - Resultados COSMOSWorks da análise linear-elástica do ensaio de flexão	41
Tabela 7 - Resultados COSMOSWorks da análise elasto-plástica do ensaio de flexão.....	41
Tabela 8 – Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio no arco principal do modelo 1.....	48
Tabela 9 - Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio semi-arco lateral do modelo 1.....	50
Tabela 10 - Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio de impacto lateral do modelo 1.....	52
Tabela 11 – Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio no arco principal do modelo 2.....	54
Tabela 12 - Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio semi-arco lateral do modelo 2.....	56
Tabela 13 - Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio de impacto lateral do modelo 2.....	58

1. Introdução e objectivos

O desejo de competição não pode fugir ao ser humano, concorrer com outros na mesma pretensão sempre foi um desafio. Desde o seu início, o automóvel despertou nos seus adeptos vontade de competir e desejo de velocidade. A máquina que revolucionou o século XX transformou-se num simples meio de transporte para uns e numa paixão para outros. O desporto automóvel é apreciado por muita gente pela adrenalina que transmite a quem vê e a quem pratica.

A preparação de um automóvel de competição envolve modificações em muitas áreas distintas de engenharia. A preparação do motor, da caixa e de toda a transmissão levam os automóveis a velocidades cada vez maiores. A modificação da suspensão permite maior velocidade e controlo em curva e comportamentos adequados para cada tipo de terreno. Todo o equipamento dispensável é retirado do veículo, pois o peso dos veículos de competição é um factor importante para a obtenção de bons resultados.

Tantas modificações e alterações tornam os automóveis mais rápidos e os pilotos que os conduzem fazem-no no limite. Quando esse limite é ultrapassado, quando o piloto perde o controlo do veículo surge um dos pontos mais importantes na preparação de um automóvel de competição: a segurança.

Esse é o ponto que mais preocupa quem organiza, quem “arbitra” as corridas e claro os ocupantes dos automóveis. Hoje em dia, as autoridades desportivas obrigam ao uso de variadíssimos equipamentos de segurança, desde protecções de tubos de combustível, passando por cintos de segurança de seis pontos até sistemas de extinção complexos. [FPAK, 2007] Outro sistema de segurança obrigatório, de grande importância e que é objecto de estudo deste trabalho é a armadura de segurança.

O principal objectivo da armadura de segurança é de proteger os ocupantes do veículo em caso de acidente, impedindo penetração de objectos estranhos no habitáculo e deformações excessivas da chamada “célula de sobrevivência”. Outro objectivo da armadura de segurança, mas que não será abordado nesse projecto, é de aumentar a rigidez do chassis evitando assim torção excessiva do mesmo [Campbell, 1973].

Hoje em dia, e com o auxílio de meios computacionais, de software de modelação tridimensional e de elementos finitos adequado, é possível simular os acidentes e verificar qual é o comportamento da estrutura quando sujeito a cargas que reproduzem esforços reais. Com as novas tecnologias, não é necessário efectuar os testes fisicamente, destruindo o modelo, é possível realizar os mesmos testes virtualmente obtendo-se resultados muito próximos dos reais.

O objectivo deste trabalho é o de conceber uma armadura de segurança para um automóvel de competição. O veículo sujeito ao estudo é de marca Peugeot, modelo 308, carroçaria 5 portas.

A primeira fase do projecto foi o levantamento de medidas no veículo.

Após a concepção geométrica da estrutura de acordo com o regulamento em vigor, é necessário verificar o seu comportamento quando solicitado a vários testes estáticos com o auxílio de um programa de elementos finitos.

A concepção poderá ser considerada válida se os deslocamentos provocados pelas forças estáticas em pontos específicos da estrutura estão dentro dos limites impostos pelo regulamento.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Segurança automóvel

Hoje em dia a segurança automóvel é uns dos temas que mais preocupa a nossa sociedade.

Muitos esforços se têm feitos por parte dos construtores e até mesmo das entidades governamentais para diminuir os riscos e as consequências dos acidentes.

Os construtores preocupam-se da parte tecnológica. Ou seja, o que se pode introduzir como sistema no automóvel para aumentar a segurança. Estes sistemas podem ser de segurança activa ou de segurança passiva.

Os sistemas de segurança activa actuam antes do acidente como forma de prevenção ou auxílio ao condutor. Uns exemplos de segurança activa são o ABS, controlo de tracção e controlo de estabilidade [Bosch, 2008].

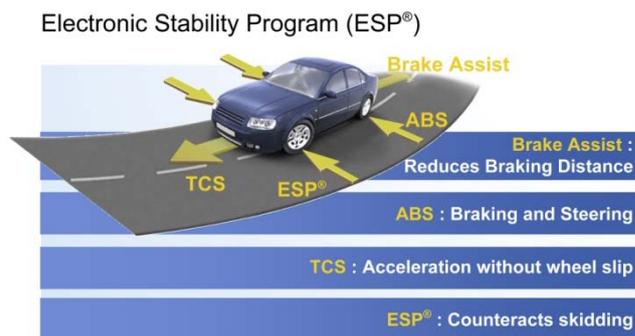


Figura 1 - Sistemas de segurança activa – ESP [Warren, 2006]

Os sistemas de segurança passiva actuam no momento em que se dá o acidente. Servem para diminuir os danos após o acidente, como por exemplo cintos de segurança e airbag.



Figura 2 - Exemplos de sistemas de segurança passiva - Airbag [Dodge, 2008] e cinto de segurança [Martins, 2005]

As entidades governamentais agem nas restrições. Ou seja, limitam por exemplo a velocidade o consumo de álcool entre outras limitações, mas também obrigam os construtores a um determinado nível de segurança nos seus automóveis.

No desporto automóvel a segurança assemelha-se à dos veículos do dia-a-dia. Os preparadores automóveis têm as mesmas preocupações em termos de segurança que os construtores. Embora a segurança activa seja quase nula em competição (garantida pela perícia dos pilotos), a segurança passiva é uma constante e objecto de estudo com sistemas cada vez mais inovadores. O “roll cage”, os cintos de segurança de 6 pontos, o sistema “hans” podem ser considerados sistemas de segurança passiva do desporto automóvel.



Figura 3 - Sistema "Hans" [qf, 2007], cintos de segurança 6 pontos [F1Classement, 2008], interior de um automóvel de competição [WCF, 2007]

Tal como as entidades governamentais, as entidades desportivas (FIA, FPACK,..) têm por finalidade impor limites, dessa vez não de velocidade, mas de tecnologias, a cada modalidade. Essas restrições e obrigações têm como objectivo aumentar a segurança mas também fazer com que as corridas sejam mais competitivas e aliciantes.

2.1.2. Acidentes com automóveis

Há 30 anos pensava-se que quanto mais rígido e indeformável fosse um veículo mais seguro era. Para tal, utilizavam-se chapas de aço de espessura elevada. Tal estrutura provocava desacelerações muito bruscas e violentas aos ocupantes da viatura, lesionando-os com gravidade.

Aquando de um acidente é possível observar-se uma sequência de etapas [DGV, 2004]:

1º Impacto - Dá-se o embate do veículo numa superfície rígida e este desacelera repentinamente (figura 4). Os objectos no seu interior continuam em movimento (figura 5).

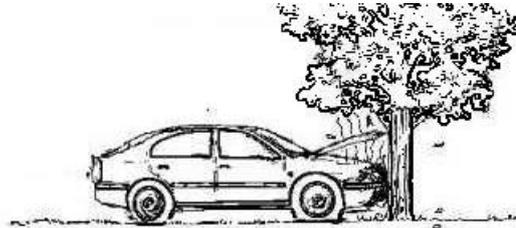


Figura 4 - Exemplo de acidente rodoviário [DGV, 2004]



Figura 5 - Consequências do primeiro impacto [DGV, 2004]

2º Impacto - As pessoas e objectos só desaceleram quando for aplicada uma força suficientemente elevada sobre eles, pelos sistemas de retenção ou por embates no interior ou no exterior do veículo (figura 6).

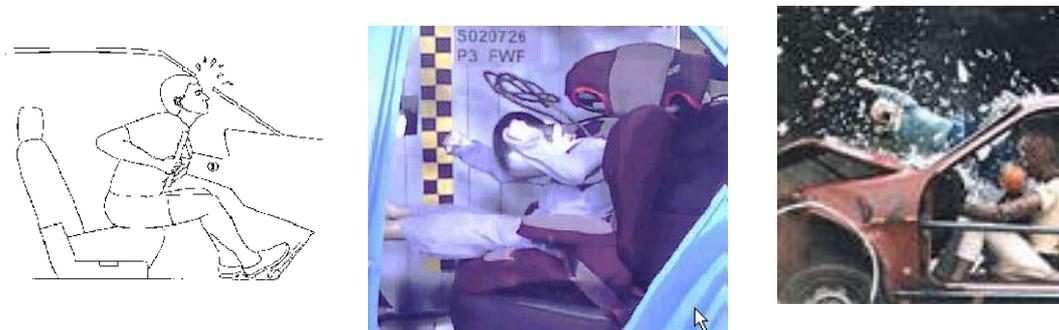


Figura 6 - Consequências do segundo impacto [DGV, 2004]

3º Impacto - No interior do corpo os órgãos continuam em movimento e só param quando embatem na estrutura óssea ou noutros órgãos (figura 7).

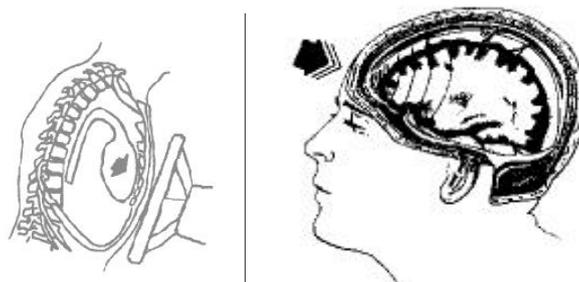


Figura 7 - Possíveis danos corporais provocados pelo terceiro impacto [DGV, 2004]

Este impacto pode provocar hemorragias internas muito graves. Como se pode ver no gráfico da figura 8, não é a velocidade que mata, mas a variação brusca da mesma [Sharp, 2006].

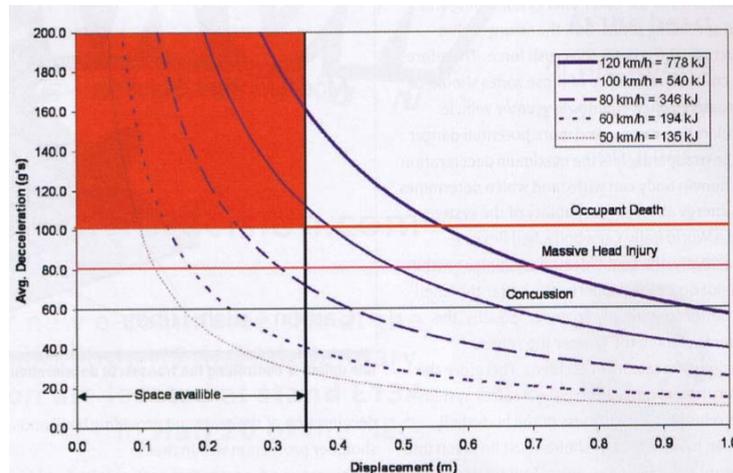


Figura 8 - Gráfico que relaciona acelerações (g's) com deslocamentos a determinadas velocidades de embate. [Sharp, 2006]

Ou seja, quanto menos espaço se tem disponível para diminuir a velocidade, maiores serão as acelerações (g's) e, conseqüentemente, maior será a probabilidade de morte para os ocupantes.

De forma a minimizar os danos corporais aos ocupantes do veículo aquando das acelerações e desacelerações, a principal preocupação dos construtores automóveis, actualmente, é de manter o habitáculo intacto após um acidente e tornar as outras partes do veículo deformáveis de forma a absorverem o choque. É fundamental manter as acelerações e forças baixas e dentro dos limites de sobrevivência.



Figura 9 - Zonas deformáveis e zonas mais resistentes de um automóvel. [DGV, 2004]

Para tal, utilizam-se chapas com menos espessura. As partes deformáveis e absorvedoras de choques são de materiais mais macios, como o alumínio, o habitáculo é a parte mais rígida do veículo sendo normalmente estruturado em aço mais resistente.

2.1.3. Ensaios destrutivos - EuroNCAP

EuroNCAP é um organismo independente que visa classificar automóveis novos em termos de segurança passiva. Para tal, são efectuados vários testes destrutivos (ensaios dinâmicos), simulando situações de acidentes [EuroNCAP, 2008]. Entre os testes mais importantes, encontram-se os que em seguida se descrevem.

Impacto frontal

Este impacto visa representar os acidentes mais frequentes, que provocam danos com mais gravidade e são os mais fatais. O veículo segue a uma velocidade de 64 km/h e embate num bloco deformável de alumínio como representado na figura 10.

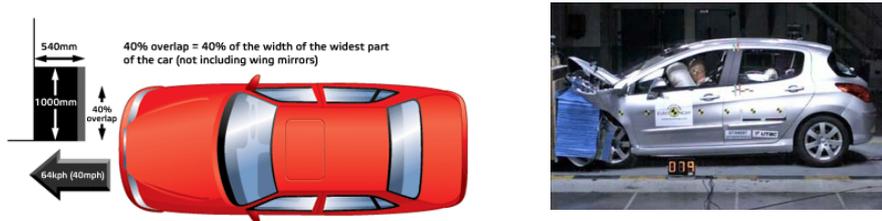


Figura 10 - Impacto frontal EuroNCAP [EuroNCAP, 2008]

Impacto Lateral

O segundo teste mais importante é o impacto lateral. Neste ensaio, o automóvel está parado. Uma plataforma deformável move-se a uma velocidade de 50 km/h em direcção ao veículo do lado do condutor.

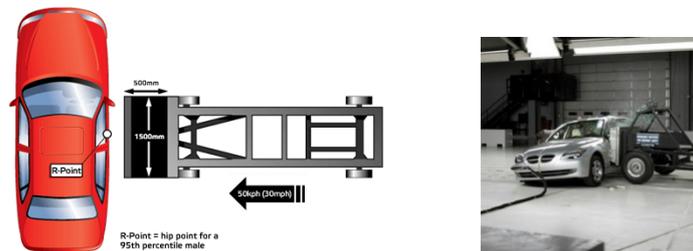


Figura 11 - Impacto lateral EuroNCAP [EuroNCAP, 2008]

Impacto de esfera

Na União Europeia, cerca de um quarto dos acidentes graves e fatais são consequências de impactos laterais. Neste ensaio, o automóvel move-se lateralmente, a uma velocidade de 29 km/h em direcção a uma esfera rígida indeformável.

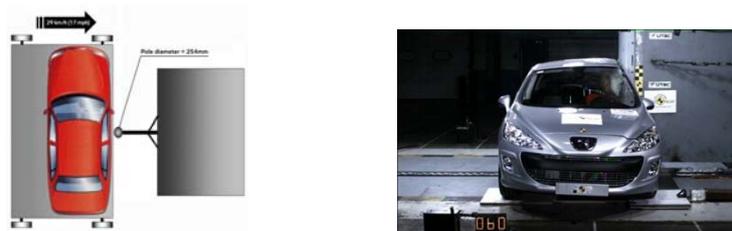


Figura 12 - Impacto de esfera EuroNCAP [EuroNCAP, 2008]

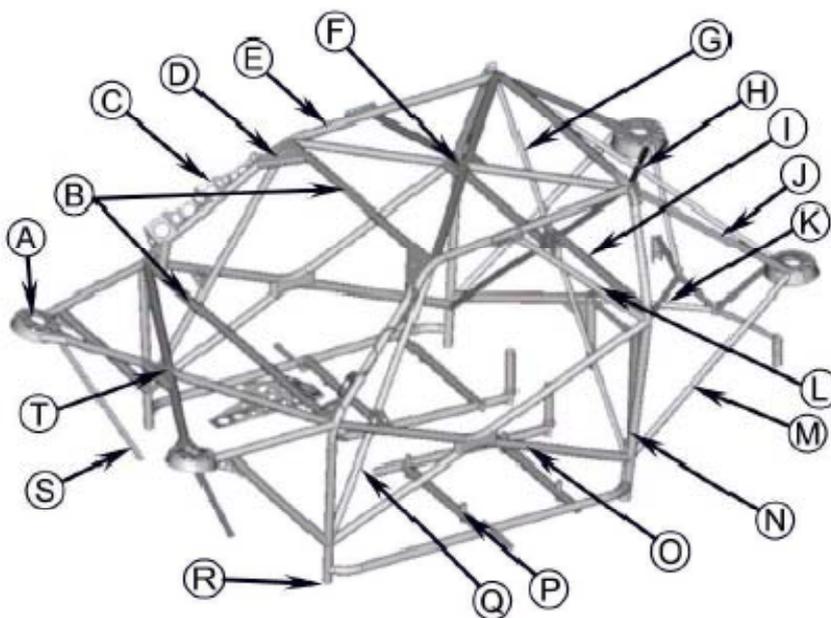
Após os ensaios, são analisados os danos corporais nos “dummies” e os danos materiais do veículo. Após a análise, são qualificados os níveis de segurança por estrelas, de uma a cinco. Quanto maior for o número de estrelas mais seguro é considerado o automóvel.

O Peugeot 308 obteve a pontuação máxima (5 estrelas) para ocupantes adultos, quatro estrelas para protecção de ocupantes crianças e três estrelas para protecção em caso de embate com peões. Após os testes destrutivos EuroNCAP, este veículo foi considerado um dos mais seguros na sua categoria. A ficha EuroNCAP do Peugeot 308 encontra-se no anexo B.

2.2. Armaduras de segurança

Existem diferentes formas de armaduras de segurança, também chamadas “roll bar” ou “roll cage”. Desde um simples arco com dois pontos de fixação, passando por estruturas de protecção de quatro ou seis pontos de ancoragem até concepções completas do automóvel que incluem o próprio chassis [Van Valkenburg, 2000].

As armaduras também podem variar dependendo da sua finalidade, elas serão de concepção diferente caso sejam, por exemplo, para rali ou para velocidade. Na figura 13, encontra-se representada uma armadura de segurança de um veículo de competição para rali, o Subaru S12 Prodrive.



I.D.	Description	I.D.	Description
A	Suspension Turret Mount	K	Boot Reinforcement
B	Windscreen Beam (Upper & Lower)	L	Roof Reinforcement Bar
C	A-Pillar Reinforcement	M	Rear Suspension Reinforcement Bar
D	Gusset	N	Main Roll bar
E	Lateral Half-Roll bar	O	Side Impact Beam
F	Roof Cruciform	P	Seat Mounts
G	Rear Cruciform	Q	A-Pillar Support Bar
H	Backstay cruciform	R	Mounting Foot
I	Harness Mounting Bar	S	Front Suspension Reinforcement
J	Backstay	T	Front Suspension Cruciform

Figura 13 - Armadura de segurança do Subaru S12 Prodrive [McKenzie, 2007]

A diferença significativa entre uma armadura de segurança de um automóvel de rali para um veículo de velocidade é a ausência de elementos cruzados (protecção do tejadilho, arco principal) nessa última modalidade. Os elementos cruzados são substituídos por simples elementos diagonais como se pode ver na figura 14.



Figura 14 - Seat Leon WTCC e respectivo interior. [knivett, 2006]

Nos ralis, a existência de variadíssimos obstáculos nas especiais obriga a protecções extras relativamente à velocidade para que objectos estranhos não penetrem no habitáculo e provocam lesões gravíssimas nos ocupantes do automóvel.

Embora nessa modalidade ocorrem poucas fatalidades, a maioria dos acidentes graves e muito graves ocorrem aquando de impactos laterais. Como é o caso da morte de Mark Lovell e Roger Freeman em 2003 no campeonato de rali dos Estados Unidos, quando o Subaru colidiu numa árvore a alta velocidade. O mesmo sucedeu ao Peugeot 307 WRC de Markko Märtin que levou a morte do seu co-piloto Michael “Beef” Park. O facto de nos ralis o veículo estar ocupado por duas pessoas faz com que exista pouco espaço entre os ocupantes e as portas, ou seja a distância disponível para amortecer o choque é de aproximadamente 35 cm. [Sharp, 2006]

Foram realizados vários estudos após esses acidentes nomeadamente por parte da Prodrive (preparador oficial da Subaru) para tentar melhorar a segurança dos pilotos e co-pilotos em caso de impacto lateral. [McKenzie, 2007]

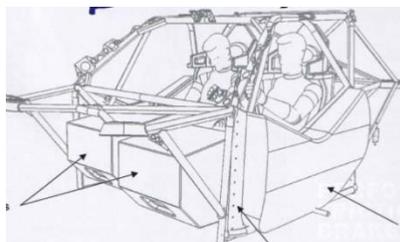


Figura 15 - Célula de segurança [Sharp, 2006]

A FIA tem-se esforçado para melhorar a segurança num impacto lateral no campeonato do mundo de ralis (WRC), mas as restantes modalidades continuam sem especificações para esse tipo de acidentes. Não existe qualquer ensaio estático específico para o impacto lateral para a homologação de armaduras de segurança.

Nos Estados Unidos da América, as armaduras de segurança possuem níveis de segurança superiores relativamente à Europa. De facto, a legislação é mais restritiva no que diz respeito, por exemplo, às protecções em caso de impacto lateral [Wagstaff, 2007].

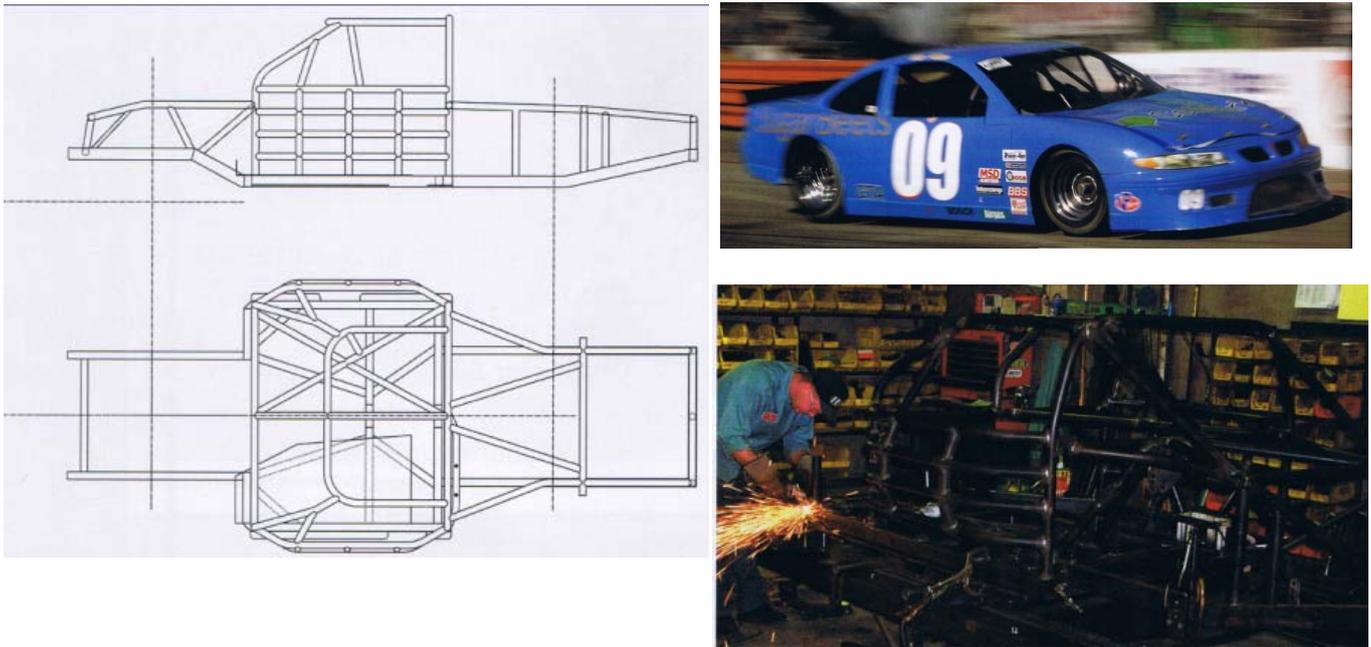


Figura 16 - Chassis completo tubular incluindo armadura de segurança de um automóvel do campeonato Trans-Am. [Carney, 2005]

2.2.1. Regulamento de acordo com o anexo J da FIA [FPAK, 2007]

De acordo com o anexo J artigo 253 artigo 8 da FIA a montagem de uma armadura de segurança é obrigatória para todos os automóveis de competição.

Definição:

“Estrutura multitubular instalada no habitáculo o mais perto possível da coque e cuja função é de limitar uma deformação significativa da coque (chassis) em caso de acidente.” [FPAK, 2007]

Existem várias formas de se obter uma armadura de segurança legal. Ela pode ser:

- Construída de acordo com as especificações do anexo J;
- ou
- Homologada ou certificada por uma ADN (Autoridade Desportiva Nacional) ou pela FIA (Fédération Internationale de l'Automobile);

Caso a estrutura for homologada ou certificada por uma ADN ou pela FIA, a armadura tem de ser sujeita a ensaios estáticos. Esses ensaios serão estudados mais à frente neste trabalho.

2.2.2. Construção de acordo com as especificações do anexo J

Se a armadura for construída de acordo com o anexo J, tem de respeitar as seguintes condições:

A estrutura base de uma armadura de segurança deve ser composta por uma das seguintes formas:

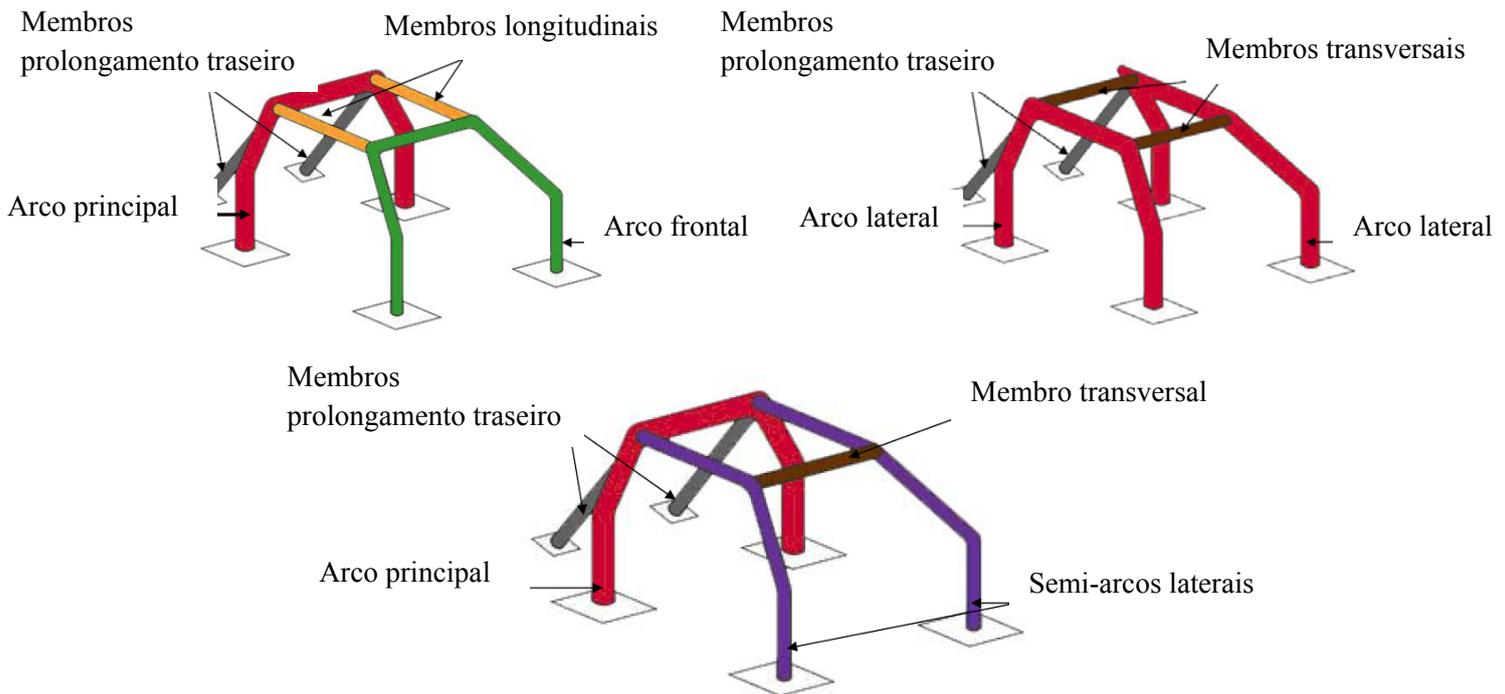


Figura 17 - Possíveis estruturas base da armadura de segurança [FFSA, 2008]

Todas essas soluções possuem 6 pontos de fixação. A estrutura base mais usada e que é objecto de estudo neste trabalho é a terceira concepção que é constituída por um arco principal, dois semi-arcos laterais, um membro transversal e dois membros de prolongamento traseiro.

2.2.2.1. Elementos e reforços

Para além da estrutura base, é obrigatório o uso dos chamados elementos diagonais. Esses elementos servem de reforço do arco principal como se pode ver na figura 18.

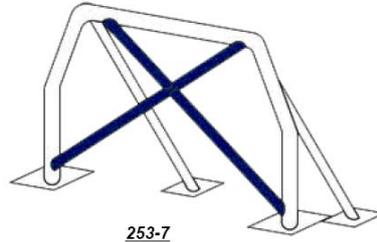


Figura 18 - Elementos diagonais [FFSA, 2008]

Os elementos das portas e reforço do tejadilho também são de uso obrigatório e podem ser de diferentes geometrias como mostra a figura 19.

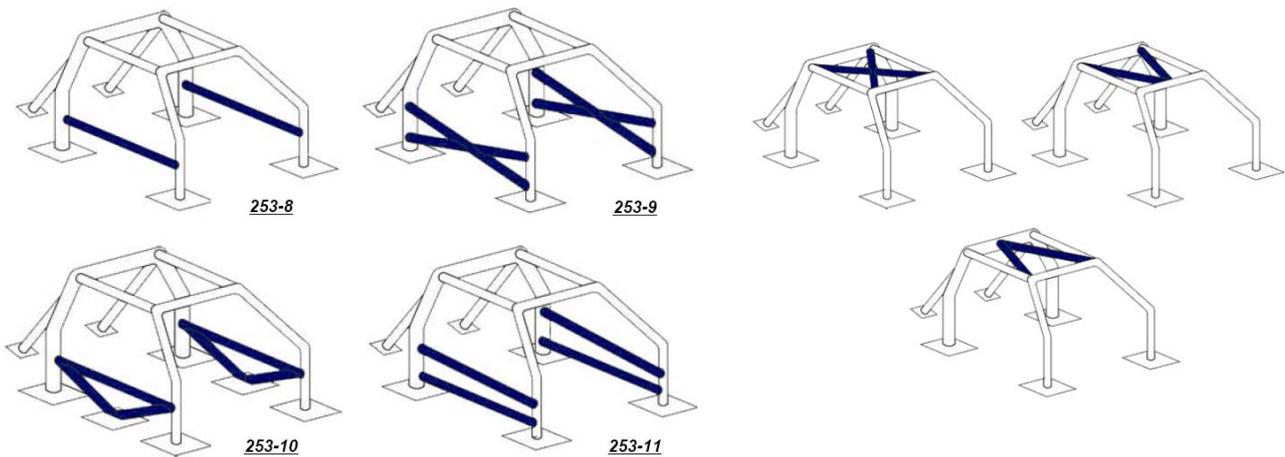


Figura 19 - Elementos das portas e reforços de tejadilho [FFSA, 2008]

Um reforço do montante do pára-brisas é obrigatório para as condições que seguem na figura 20.

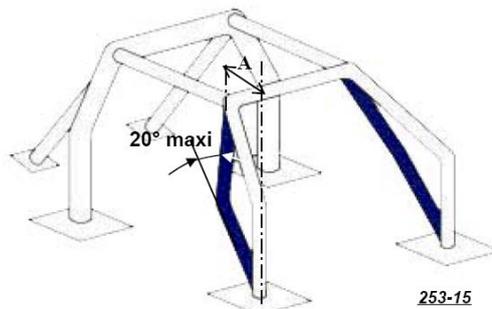


Figura 20 - Reforço do montante do pára-brisas [FFSA, 2008]

Se A (ver figura 20) for superior a 200 milímetros, tem de ser introduzido na estrutura um reforço do montante do pára-brisas.

Para além dos reforços obrigatórios existem também reforços facultativos. Esses reforços podem ser instalados à vontade do construtor.

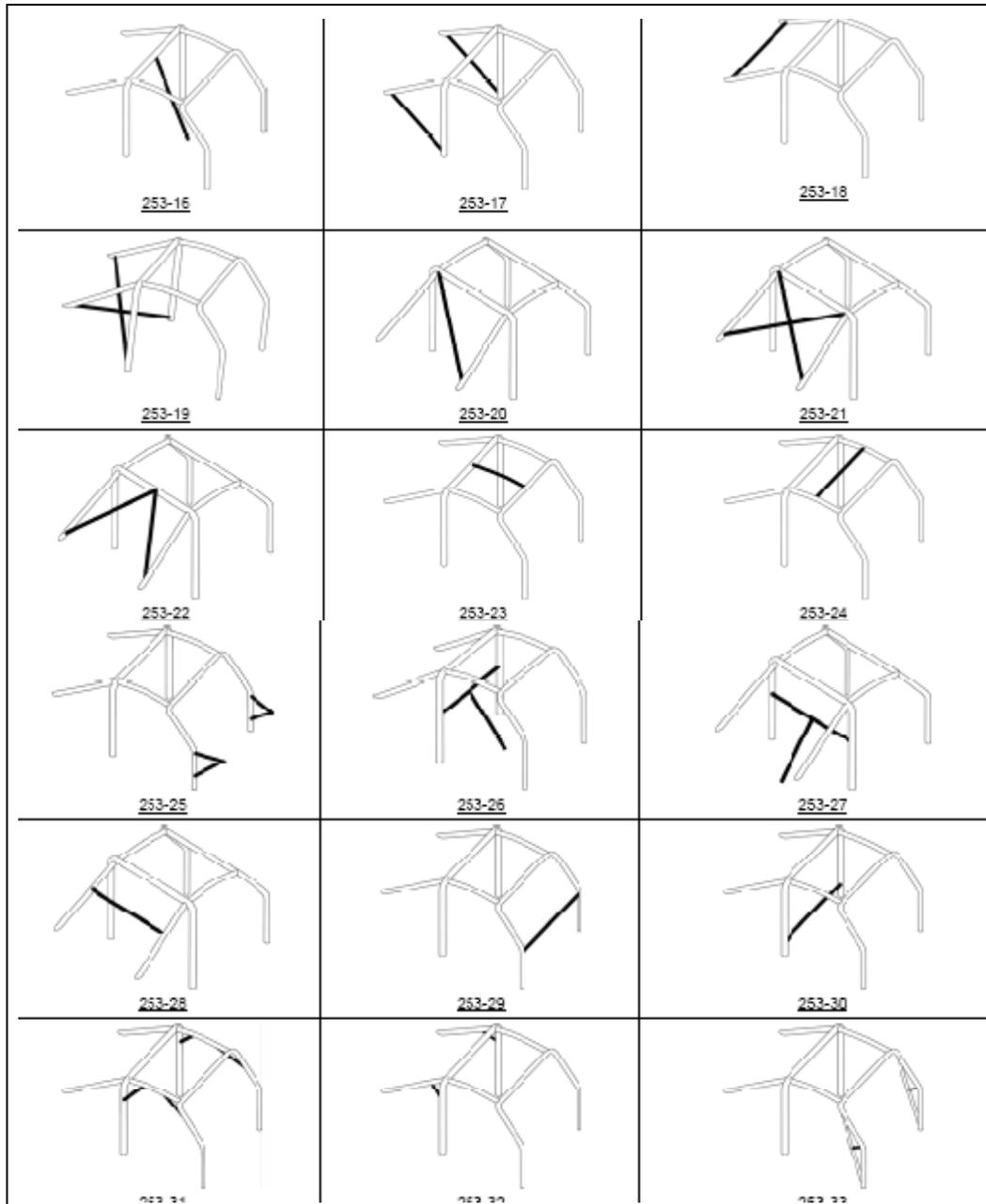


Figura 21 - Reforços facultativos [FFSA, 2008]

2.2.2.2. União dos componentes

A união entre componentes pode ser ou soldada ou amovível. O tipo de soldadura mais utilizado é a soldadura MIG (Metal Inert Gas).

No caso da soldadura essa tem de ser efectuada em todo o perímetro de contacto dos tubos e tem de ser de penetração total.

As ligações amovíveis devem ser conformes a um tipo aprovado pela FIA (ver anexo A). Após a montagem as ligações amovíveis não podem ser soldadas.

2.2.2.3. Fixação à estrutura do automóvel

A fixação à estrutura garante que a armadura não se mova relativamente ao chassis. A qualidade dessa fixação é fundamental para a segurança.

A armadura de segurança tem de possuir 6 pontos de fixação ao chassis:

- Um para cada montante do arco principal;
- Um para cada montante dos semi-arcs laterais;
- Um para cada montante dos prolongamentos traseiros;

O pontos de fixação devem incluir placas de reforço de 3 mm, podem ser soldados directamente a estrutura ou fixados por pelo menos 3 parafusos por ponto de fixação.

A superfície em contacto entre a armadura e o chassis tem de ser no mínimo de 120 cm².

2.2.2.4. Material constituinte

Para a concepção da armadura, são aceitáveis apenas tubos de secção circular.

Tem de ser um aço ao carbono estirado a frio sem costura contendo no máximo 0.3% de carbono. O teor máximo dos elementos acrescentados é de 1.7% para o magnésio e de 0.6% para os outros elementos.

O raio de curvatura dos tubos, medido relativamente ao eixo, tem de ser no mínimo três vezes o seu diâmetro.

Para o arco principal as dimensões mínimas são 45 x 2.5 (mm) ou 50 x 2.0 (mm).

Para os restantes elementos da armadura de segurança as dimensões mínimas são 38 x 2.5 (mm) ou 40 x 2.0 (mm).

2.2.3. Homologação, certificação - ensaios estáticos

Caso a armadura de segurança seja homologada ou certificada por uma ADN ou pela FIA, tem de se efectuar dois tipos de ensaios estáticos e tem de possuir obrigatoriamente reforço de tejadilho e os elementos diagonais no arco principal.

Ensaio no arco Principal

De acordo com o Anexo J da FIA, a estrutura completa deve resistir a uma carga vertical de $7,5P$ (sendo $P = \text{“peso do carro”} + 150 \text{ kg}$), aplicada por um tampão rígido. A carga deve ser aplicada em menos de 15 segundos. Não pode existir, em nenhum dos pontos da estrutura, deslocamentos superiores a 50 mm, medidos em carga no eixo de aplicação da carga. [FFSA, 2006]

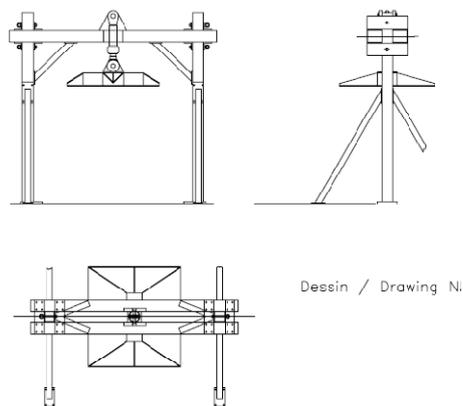


Figura 22 - Tipo de prensa utilizada no ensaio no arco principal [FFSA, 2006]

Ensaio no arco frontal

Seguindo a regulamentação do anexo J, a armadura deve resistir a uma carga de $3,5P$ (sendo $P = \text{“peso do carro”} + 150 \text{ kg}$), aplicada no topo do arco dianteiro por um tampão rígido, do lado do piloto e na intersecção com a transversal. Não pode existir, em nenhum dos pontos da estrutura, deslocamentos superiores a 100 mm, medidos em carga no eixo de aplicação da carga. [FFSA, 2006]

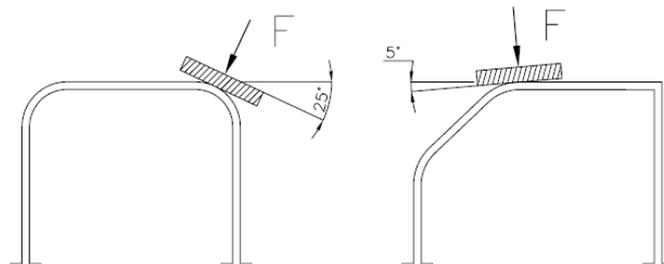


Figura 23 - Esquema de aplicação da carga no ensaio no arco frontal ou no semi-arco lateral [FFSA, 2006]

2.3. Concepção assistida por computador

O uso de computadores na produção de componentes de automóveis de competição tem sido utilizado por muitas equipas. No entanto, convém relembrar algumas termos associados a essa tecnologia entre os quais CAD, CAM, CAE, CNC, e FEM.

O design assistido por computador (CAD – Computer Aided Design) tem por objectivo trabalhar as geometrias e relações geométricas de componentes. A fabricação assistida por computador (CAM – Computer Aided Manufacturing) usa as dimensões e relações obtidas por CAD para produzir os componentes. As máquinas capazes de produzir peças a partir de tais tecnologias necessitam de possuir um controlo numérico computadorizado (CNC – Computerized Numerical Control). A concepção de engenharia assistida por computador (CAE – Computer Aided Engineering) utiliza todos os meios numéricos e “software” para conceber, estudar e simular produtos e processo industriais. Hoje em dia, o método dos elementos finitos (MEF ou FEM – Finite Elements Method) é um dos métodos mais eficazes e usados durante a fase de cálculo e de projecto de componentes e processos.

A primeira fase da concepção de um componente é a modelação tridimensional do objecto sujeito a estudo. Após essa primeira etapa, muitas operações de análise podem ser efectuadas em variadíssimos programas graças á compatibilidade existente entre cada “software”. Podem ser efectuadas análises pelo MEF, onde são localizados os pontos críticos da estrutura, quando sujeita a uma determinada carga, para poder reconfigurar a geometria. O modelo digital final pode ser enviado para uma máquina CNC tal como a fresadora ou então para um processo de prototipagem rápida como por exemplo a estereolitografia. [Van Valkenburg, 2000]

2.3.1. Método dos elementos finitos

O método dos elementos finitos é uma técnica matemática que permite converter um modelo matemático contendo equações com derivadas parciais num outro contendo equações diferenciais ordinárias ou apenas equações algébricas. [Dwoyer, et al., 1988] Assim, é possível analisar tensões, deformações, deslocamentos entre outros parâmetros de uma determinada estrutura discretizando a mesma em centenas de elementos como se pode ver na figura 24. Dessa forma é possível otimizar o peso relativamente e rigidez da estrutura para que nenhuma zona da mesma seja demasiada “fraca” ou demasiada “pesada”.

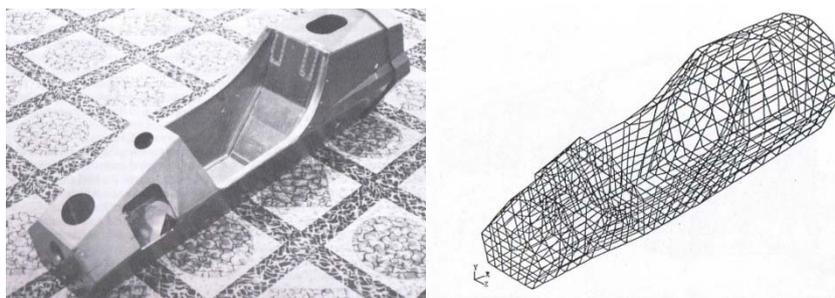


Figura 24 – Estrutura do McLaren MP4B F1 de 1982 e respectiva malha de elementos finitos. [Van Valkenburg, 2000]

A primeira análise estrutural, com auxílio a computadores, de um chassis completo de um automóvel de competição, foi o chassis do Fórmula 1 McLaren MP4B de 1982, que era o mais sofisticada do seu tempo [Van Valkenburg, 2000].



Figura 25 - McLaren Cosworth MP4B F1 de 1982 [Memorabilia]

Hoje em dia, o método dos elementos finitos está presentes em muitas equipas de topo de muitas modalidades do desporto automóvel para concepção de chassis e componentes, como é o caso da NASCAR na qual foi otimizado um chassis para melhorar a rigidez torsional como mostra a figura seguinte.

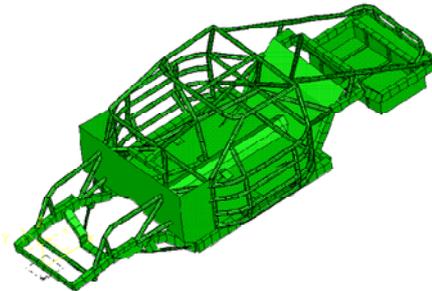


Figura 26 - Chassis de um veículo da Wiston Cup (EUA) [Thompson, 1998]

Na análise por elementos finitos com auxílio a meios computacionais, primeiro é necessário definir a forma e localizar os pontos de fixação da estrutura relativamente ao exterior, ou seja, criar restrições de movimento nesses pontos. A forma pode ser obtida por um ficheiro CAD ou então, directamente a partir de um modelo físico com um auxílio de um digitalizador 3D ou outro tipo de medidor tridimensional. Existem diferentes tipos de análise: estática ou dinâmica, lineares ou não lineares. Para cada componente da estrutura é necessário indicar qual o material e respectivas características mecânicas dependendo do tipo de análise. As forças aplicadas dependem do tipo de estudo. O estudo mais comum de estruturas automóvel é o estudo de rigidez torsional do chassis. Com o auxílio dessa tecnologia houve melhoramentos significativos nessa área, nomeadamente na fórmula 1 onde se conseguem valores superiores a 55000 N.m por grau quando o valor “normal” é aproximadamente 4500 N.m por grau. O estudo de embate em caso de acidente também é objecto de interesse nessa área. [Van Valkenburg, 2000]

Existem várias formas de se obterem resultados da análise por elementos finitos. A forma actualmente mais usual, fácil de compreensão e que permite uma visualização imediata dos pontos críticos é quando o modelo é apresentado com contornos de tensões

com diferentes cores. As cores mais vivas indicam os pontos mais solicitados, ou seja de maior tensão. É possível também visualizar a deformação directamente no modelo, podendo aumentar ou diminuir a escala de deformação. Para além dessas formas visuais de obtenção de resultados, é possível obter os resultados de forma numérica em tabelas para todos os pontos e/ou elementos da estrutura.

3. Caso de aplicação – Peugeot 308



Figura 27 - Peugeot 308 de 5 portas [CarAdvice, 2007]

O protocolo existente entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a Gamobar, levou a escolher um veículo da marca francesa para a concepção da estrutura.



Figura 28 - Instalações da Gamobar no Porto [Gamobar, 2008]

A empresa Gamobar, fundada em 1963, importadora de automóveis Peugeot para a região Norte de Portugal. Enquanto concessionário, comercializa veículos novos e usados bem como peças de origem Peugeot e presta todo o tipo de serviços oficiais e de marca. [Gamobar, 2008]

O veículo para o qual foi concebida a armadura de segurança é então de marca Peugeot, modelo 308, carroçaria de 5 portas de 2007. A actual inexistência nas concessões Peugeot Gamobar de um modelo 3 portas, levou o estudo para uma carroçaria de 5 portas.



Figura 29 - Várias versões do Peugeot 308: CC [ForumPeugeot, 2007], SW [CarAdvice, 2007] e 3 portas [AutoCity, 2007]

3.2. Características da carroçaria

Seis anos após o lançamento do 307, a Peugeot lançou em Setembro de 2007 o novo 308, produzido em Mulhouse e Sochaux (França).

Foram produzidas inicialmente as versões 3 e 5 portas. A variante SW chegará no decorrer de 2008 e o cabriolet CC em 2009.

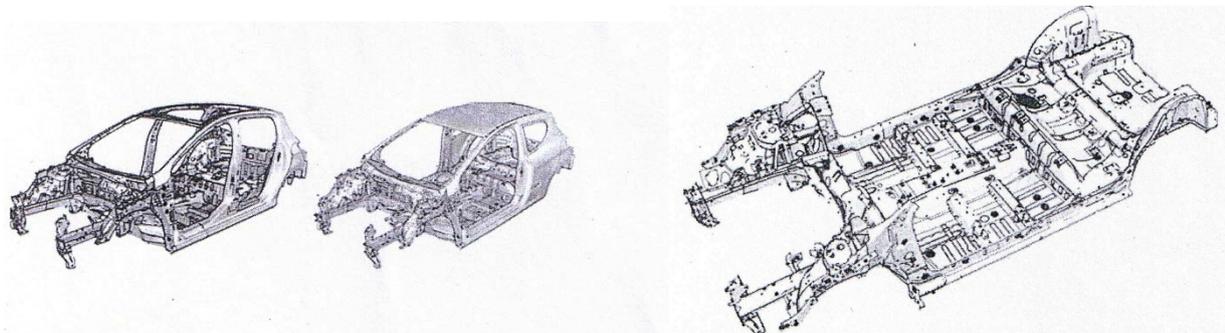


Figura 30 - Estrutura do Peugeot 308 [Peugeot, 2007]

De forma a uniformizar o peso do veículo e respeitar as exigências ao nível de segurança, a Peugeot utiliza chapas chamadas HSS (High Strength Steel) e UHSS (Ultra High Strength Steel). Mostra-se na figura seguinte a estrutura do Peugeot 308.

Em caso de choque frontal, a estrutura do 308 integra três zonas de dissipação de energia para alcançar os objectivos de segurança mais elevados. Em caso de choque frontal, a energia é repartida pelas três zonas.

A chamada zona de dissipação de energia principal absorve em caso de embate frontal 3/5 da energia. A zona de dissipação de energia inferior e a terceira zona de dissipação de energia absorvem cada uma 1/5 da energia.

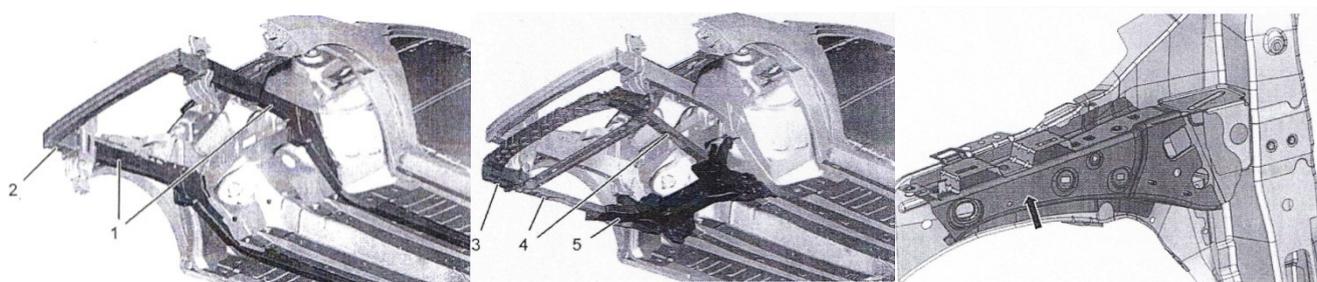


Figura 31 - Zonas de dissipação de energia: Principal, inferior e terceira zona. [Peugeot, 2007].

A parte lateral do veículo também foi objecto de estudo para resistir com eficiência a choques laterais.

Vários componentes do automóvel são reforçados pela adopção de uma técnica designada por “multi-camada”, que consiste em sobrepor várias chapas umas acima de outras. O pilar central, o pilar dianteiro, o arco do tejadilho e as laterais do Peugeot são alguns dos componentes aos quais foi introduzida essa técnica.

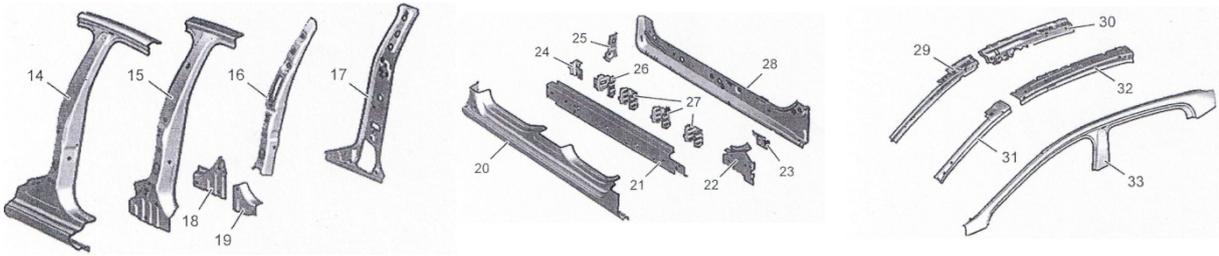


Figura 32 - Pilar central, laterais e arco do tejadilho. [Peugeot, 2007]

As portas, sendo uns elementos indispensáveis na rigidez do conjunto, possuem reforços laterais em alumínio. Na parte traseira do automóvel encontra-se uma travessa traseira que tem como principal objectivo absorver energia em caso de choque posterior.

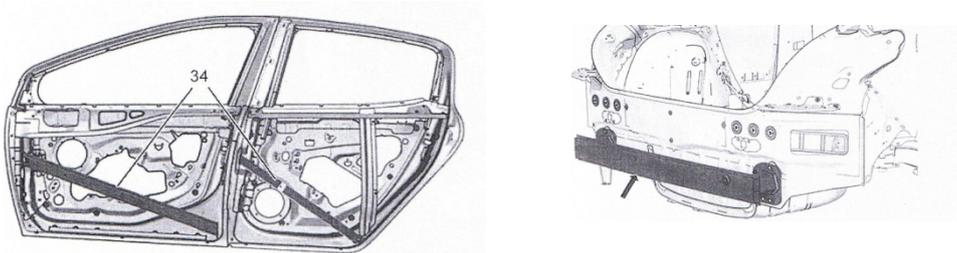


Figura 33 - Reforços laterais das portas e travessa traseira. [Peugeot, 2007]

A segurança é, hoje em dia, um assunto de grande importância, por isso, a Peugeot introduz na estrutura dos seus automóveis chamadas zonas de dissipação de energia. No 308 podem-se encontrar várias zonas de dissipação de energia

3.3. Dimensões fornecidas pela marca

As dimensões fornecidas pela Peugeot são na maioria somente de interesse comercial. As medidas relativas a estrutura de automóvel são medidas de referência somente utilizadas na mestra quando o automóvel necessita conserto após um acidente. As medidas fornecidas são medidas exteriores como se pode ver na figura 34.



Figura 34 - Dimensões exteriores do veículo. [Peugeot, 2007]

Também foram fornecidas medidas interiores relativas ao espaço no habitáculo (figura 35).



Figura 35 – Dimensões interiores do veículo. [Peugeot, 2007]

3.4. Medições efectuadas no próprio automóvel



Figura 36 - Veículo Peugeot 308 na Gamobar

Foram efectuadas várias medições num Peugeot 308 nas instalações da Gamobar. Tratava-se de um veículo novo HDI de 5 portas. A impossibilidade de desmontar o habitáculo, visto que se tratava de um veículo para entrega a cliente, dificultou o levantamento de certas medidas.

Uma das geometrias mais complexas do veículo é o arco do tejadilho (figura 37). Nessa zona foram retiradas várias medidas de forma a discretizar a curva. As figuras 37 e 38 mostram esquemas com o valor das medições efectuadas e as fotografias relativas a cada medição.

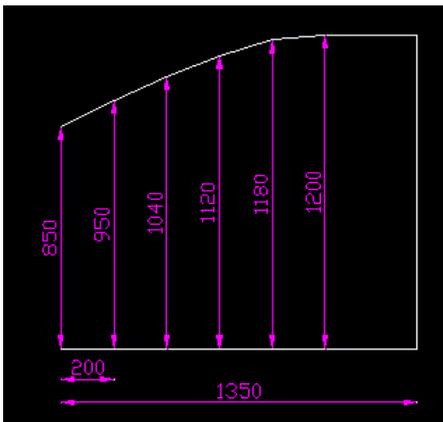


Figura 37 – Medições do arco do tejadilho e respectiva fotografia.

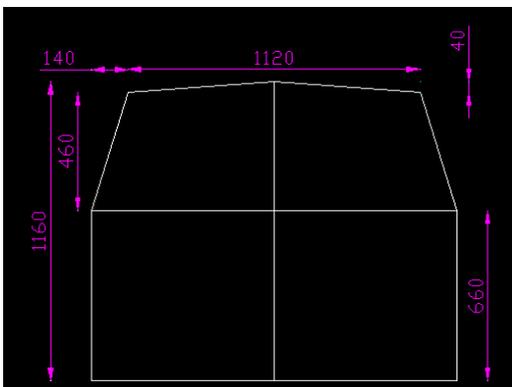


Figura 38 - Medições frontal e respectiva fotografia

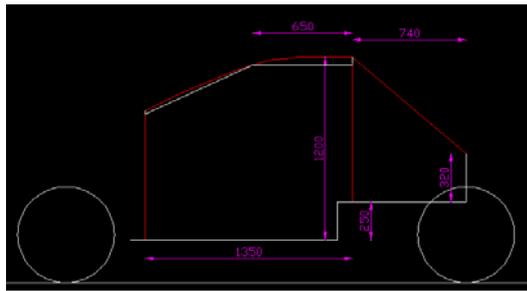


Figura 39 - Medições provisórias da armadura de segurança e fotografia lateral do veículo

Embora todas as medições sejam importantes, as de maior interesse são as zonas de fixação de arco de segurança. Os pontos de fixação estão assinalados nas figuras abaixo.

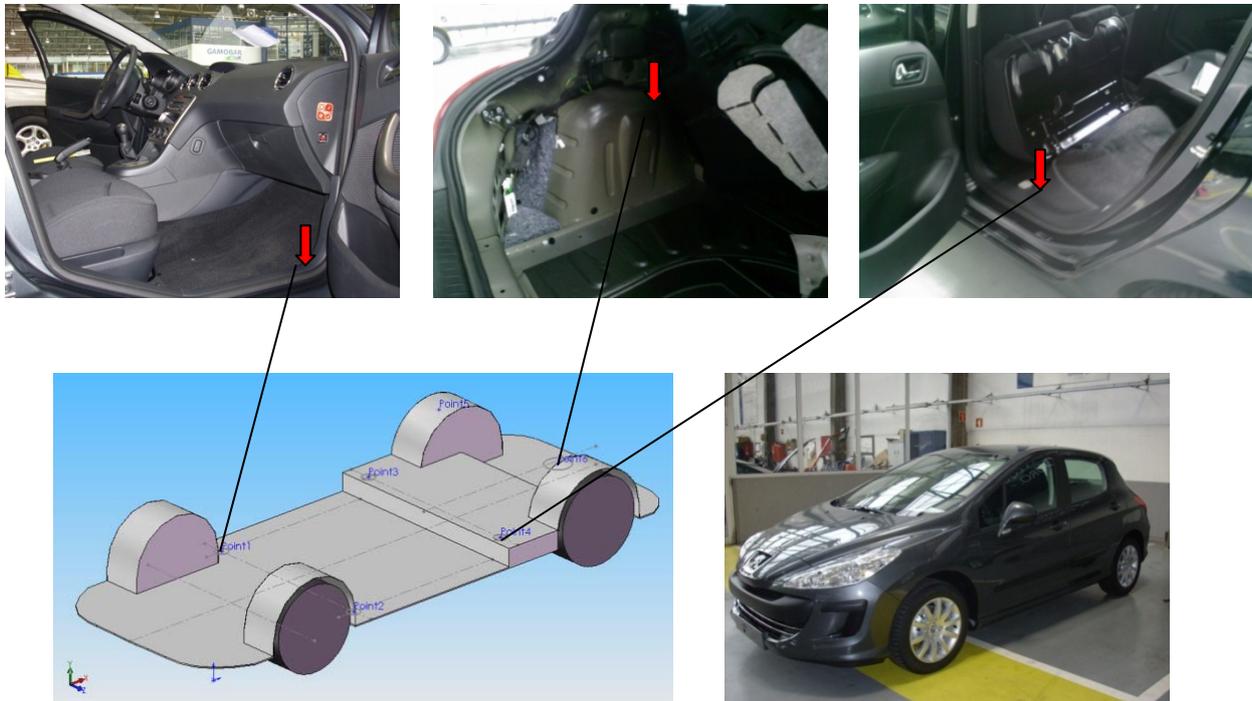


Figura 40 - Localização dos pontos de fixação na estrutura do veículo.

Na figura 40 é possível visualizar a localização dos pontos de ancoragem da armadura na estrutura do veículo

4. Material da armadura de segurança

A primeira escolha de material recaiu para o St37 que cumpre todas os requisitos do anexo J. Mas, essa escolha pecava pela baixa resistência e pelo peso elevado deste aço. O material então escolhido para a armadura de segurança foi um aço ligado com cromo e molibdénio denominado por 25CrMo4. Este aço é de uso corrente para a construção de armaduras de segurança para preparações consideradas de boa qualidade.

4.2. Propriedades

Os dados relativos a composição química do aço 25CrMo4, usado na concepção da armadura de segurança, são dados na tabela 1.

Tabela 1 - Composição química do material 25CrMo4

Composição química (%)	C	Mn	Si	Cr	Mo
	0.25	0.70	0.25	1.05	0.25

Apesar do custo deste material ser mais elevado comparado com materiais que satisfazem os requisitos mínimos do regulamento, optou-se pelo 25CrMo4 por possuir boas características mecânicas e uma baixa densidade volúmica. Como se pode ver na composição química do material, o 25CrMo4 não satisfaz os requisitos relativos ao material do anexo J, pois, o seu teor em cromo é superior a 0.6%. Logo a estrutura deverá ser sujeita aos ensaios estáticos

Para este material, o módulo de elasticidade (E) é de 205000 N/mm² e a densidade volúmica (ρ) é de 7800 kg/m³ [MATBASE, 2007].

Analisando o catálogo da empresa “Tennant Metall” (ver anexo C) é possível verificar uma tensão de limite elástico mínima de 520 N/mm² e uma tensão de rotura mínima de 650 N/mm² para este aço.

Após visualização dos dados fornecidos pela mesma empresa nuns testes de certificação de tubos foram verificadas as seguintes propriedades mecânicas para um tubo de 50 x 2 mm para o aço 25CrMo4 (ver anexo D):

$$R_{p0.2} = 601 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 892 \text{ N/mm}^2$$

$$A5^* = 20 \%$$

Estes serão os valores utilizados para toda a armadura de segurança.

* A5: Extensão após rotura definida em percentagem do comprimento de referência l_0 , sendo l_0 igual a $5.65S_0$ em que S_0 é a secção inicial do provete. [Aluselect, 2001]

4.3. Caracterização mecânica

Para simular no software de elementos finitos ensaios elasto-plásticos (não lineares), é necessário determinar a curva tensão deformação real para poder introduzir os dados relativos ao comportamento do material no programa.

Durante a realização do projecto, não foi fornecida a caracterização completa do material pelo fornecedor. Pela ausência de dados e pela necessidade de caracterização do material, foi necessário aproximar essa caracterização com a informação disponível. Uma avaliação mais rigorosa seria possível se fossem realizados ensaios no material, nomeadamente um ensaio de tracção.

Os passos seguintes mostram como foi feita a estimativa de curva tensão/deformação real:

1. Caracterização de dois pontos da curva do ensaio de tracção (convencional)

A figura 41 representa a curva tensão/deformação do material num ensaio de tracção.

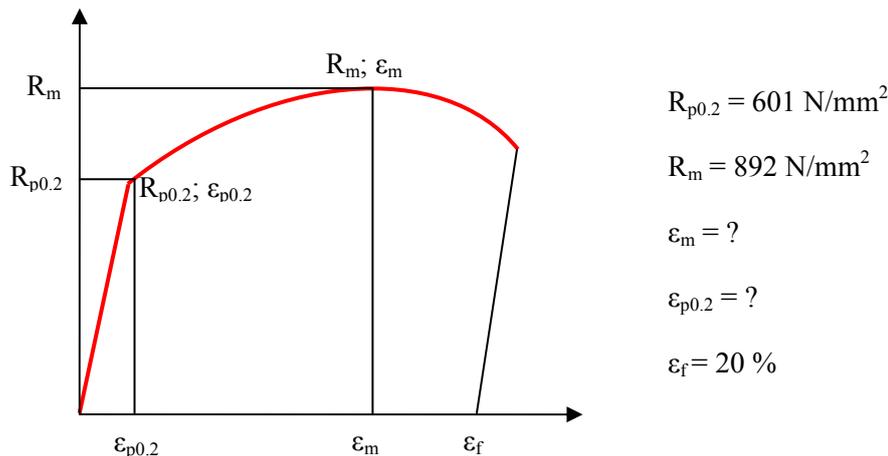


Figura 41 - Representação aproximada da curva tensão/deformação de um ensaio de tracção do material.

Como se pode ver, os valores fornecidos são: a tensão limite de elasticidade, a tensão de rotura e a deformação após rotura. Os valores de deformação para tensão limite de elasticidade, $\epsilon_{p0.2}$, e de deformação para a tensão de rotura (força máxima), ϵ_m , são desconhecidos.

Dado que conhecemos o módulo de elasticidade (E), o valor da deformação, $\epsilon_{p0.2}$, será dado por:

$$\epsilon_{p0.2} = \frac{\sigma}{E} = \frac{600 \times 10^6}{205 \times 10^9} = 0.00293$$

Para a deformação ϵ_m , conhecendo a deformação após rotura (ϵ_f), é possível estimar aproximadamente para que valor de deformação se dá a tensão de rotura (ϵ_m)

Sabendo que o valor da deformação após rotura com recuperação elástica é de 20%, o valor de deformação para a tensão de rotura tem de ser obrigatoriamente inferior a esse valor. Desconhecendo o valor de deformação para a tensão de rotura, mas sabendo que tem de ser inferior a 20% pode-se admitir uma deformação para a tensão de rotura de 15%.

$$\varepsilon_m = 0.15$$

Assim, os pontos da curva de tensão/deformação convencional correspondentes à tensão de limite elástico e à tensão de rotura ficam definidos.

2. Conversão de valores convencionais para valores reais

Sabendo os valores de tensão e de deformação convencionais é possível obter os respectivos valores reais [Davim, 2004]

$$\begin{aligned}\varepsilon_{real} &= \ln(1 + \varepsilon_{conv.}) \\ \sigma_{real} &= \sigma_{conv.}(1 + \varepsilon_{conv.})\end{aligned}$$

Ponto correspondente à tensão limite de elasticidade:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{p0.2, real} &= \ln(1 + 0.00293) = 0.00292 \\ \sigma_{p0.2, real} &= 602(1 + 0.00293) = 603 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Ponto correspondente à tensão de rotura:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{m, real} &= \ln(1 + 0.15) = 0.14 \\ \sigma_{m, real} &= 892(1 + 0.15) = 1026 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Os pontos da curva de tensão/deformação real correspondentes à tensão de limite elástico e à tensão de rotura ficam assim também definidos.

3. Aproximação da curva tensão/deformação real

Existem várias leis que caracterizam o comportamento plástico dos materiais, relacionando as tensões com as deformações (Ludwik, Hollomon, Swift e Voce). Pela sua simplicidade e por caracterizar o material com uma aproximação razoável optou-se pela aplicação da equação de Holloman:

$$\sigma_{real} = K \varepsilon_{real}^n$$

É possível obter uma aproximação da curva tensão/deformação real a partir dos pontos obtidos no ponto 2.

$$\begin{cases} 603 \times 10^6 = K \times 0.00292^n \\ 1026 \times 10^6 = K \times 0.14^n \end{cases}$$

Resolvendo a equação:

$$K = 1345 \text{ N/mm}^2$$

$$n = 0.138$$

É possível obter a curva tensão/deformação real

$$\sigma_{real} = 1345 \times \varepsilon_{real}^{0.138} \quad [\text{N/mm}^2]$$

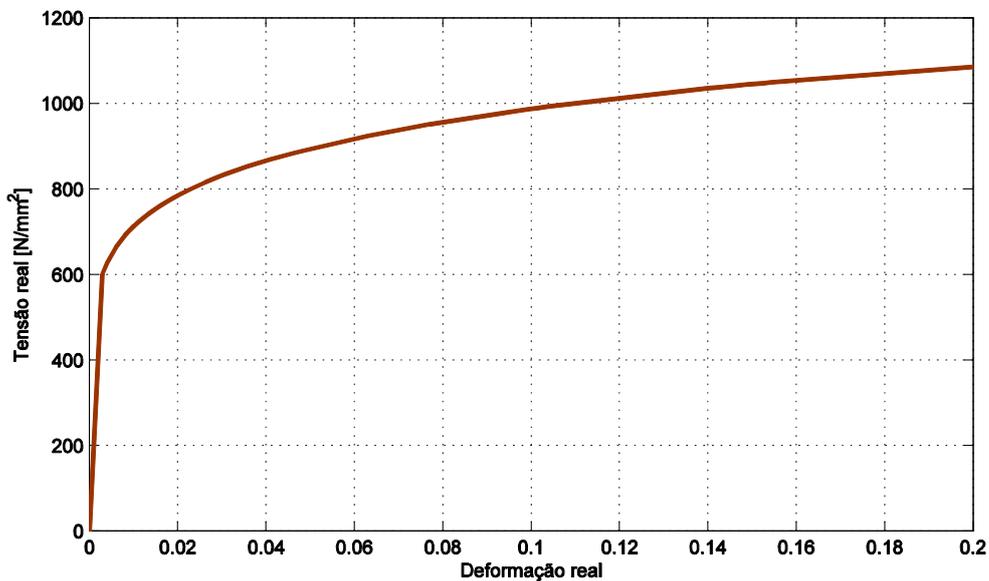


Figura 42 - Curva aproximada Tensão/Deformação real do material 25CrMo4

Essa é a curva que foi introduzida no programa de elementos finitos CosmosWorks na caracterização do material para os vários ensaios estáticos da estrutura completa.

5. Concepção geométrica

Foram concebidos dois modelos de armadura de segurança para o Peugeot 308. Um modelo com os requisitos geométricos mínimos obrigatórios dados pelo regulamento da FIA Anexo J art.8, e um outro modelo que tem a mesma base do primeiro mas com reforços distintos e com chapas de reforço.

Uma das maiores dificuldades foi a adaptação da armadura de acordo com as dimensões interiores e geometrias complexas do veículo. De facto, hoje em dia, os automóveis têm cada vez mais “curvas”, geometrias fluidas e aerodinâmicas contrariamente há uns anos atrás, quando os automóveis eram de geometrias simples rectilíneas e até mesmo com ângulos rectos e bem definidos.

De acordo com anexo J, a estrutura base dos dois modelos é constituída por:

- Um arco principal de diâmetro igual;
- Dois semi-arcos laterais;
- Um membro transversal;
- Dois membros prolongamento traseiro;

Todos os elementos da estrutura terão como dimensões um diâmetro de 40 mm com uma espessura de 2 mm, com excepção do arco principal que possuirá um diâmetro de 50 mm e espessura de 2 mm.

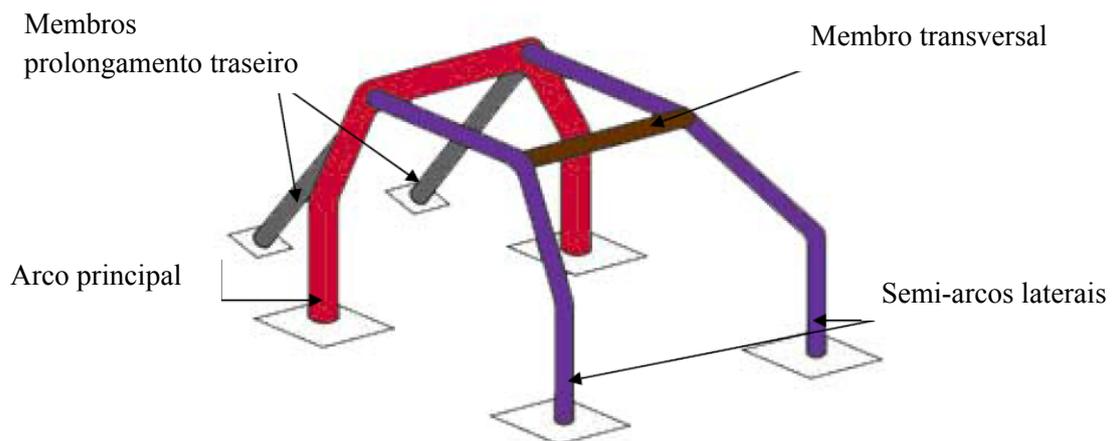


Figura 43 - Estrutura base da armadura de segurança [FFSA, 2008]

6.1. Fases da concepção

A primeira fase da modelação tridimensional é desenhar num “sketch” tridimensional, ou em vários “sketch”, o “esqueleto” da estrutura completa, ou de parte da mesma, com as medidas desejadas.

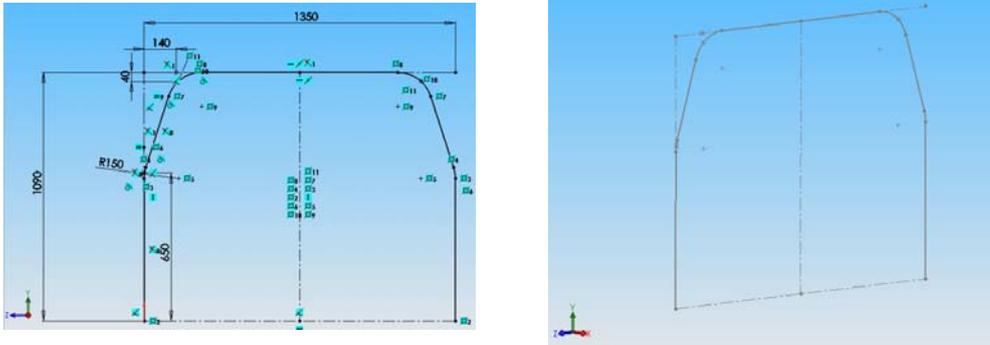


Figura 44 - Sketch do arco principal da armadura

Numa segunda fase tem-se que criar os perfis desejados. Neste caso, é necessário elaborar um sketch com as dimensões do perfil dos tubos, ou seja, 50 mm e 40 mm de diâmetro, com 2 mm de espessura. Cada um desses perfis tem de ser guardado como ficheiro de biblioteca do SolidWorks.

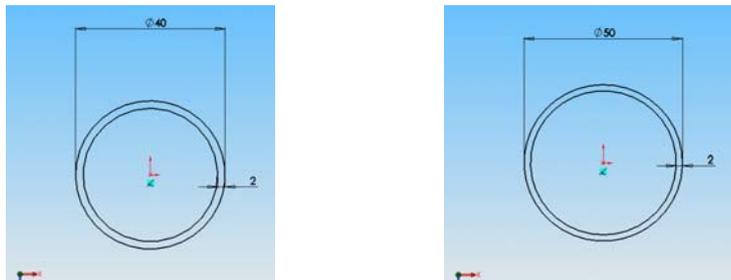


Figura 45 - Sketch com dimensões dos tubos.

Em seguida, insere-se um elemento de estrutura (Insert, Weldments, Structural member), selecciona-se o perfil desejado e as linhas do “esqueleto” desejadas.

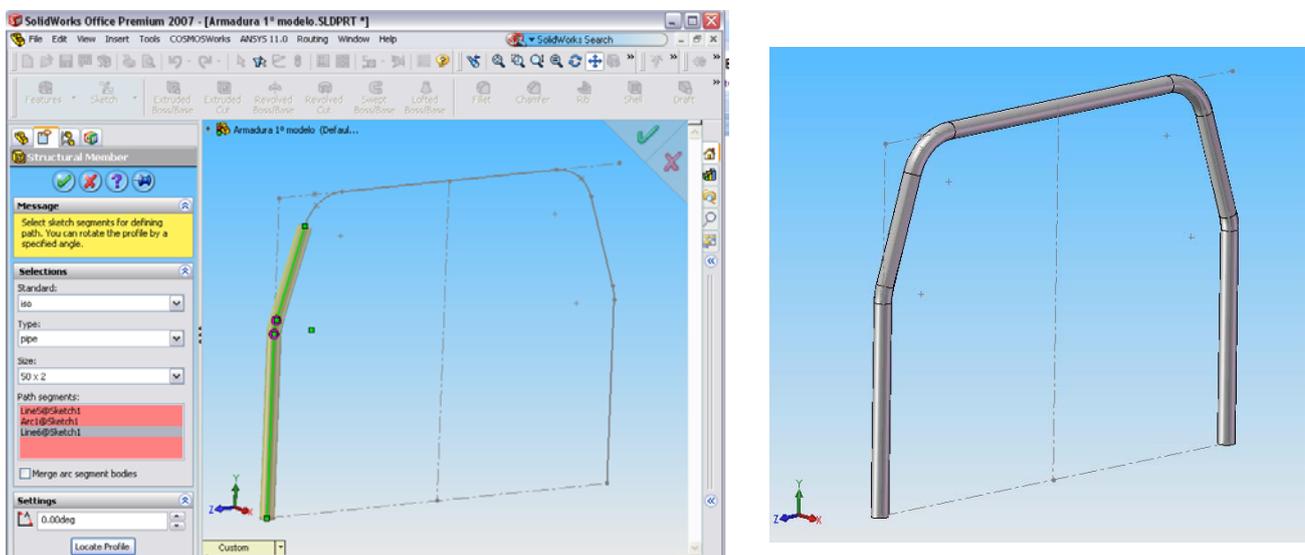


Figura 46 - Construção do arco principal.

Surge agora o problema de ligação dos vários tubos.

Para solucionar este problema, é necessário realizar um “trim” para todas as ligações de tubos (Insert, Weldments, Trim/Extend). E seleccionam-se as secções a ligar.

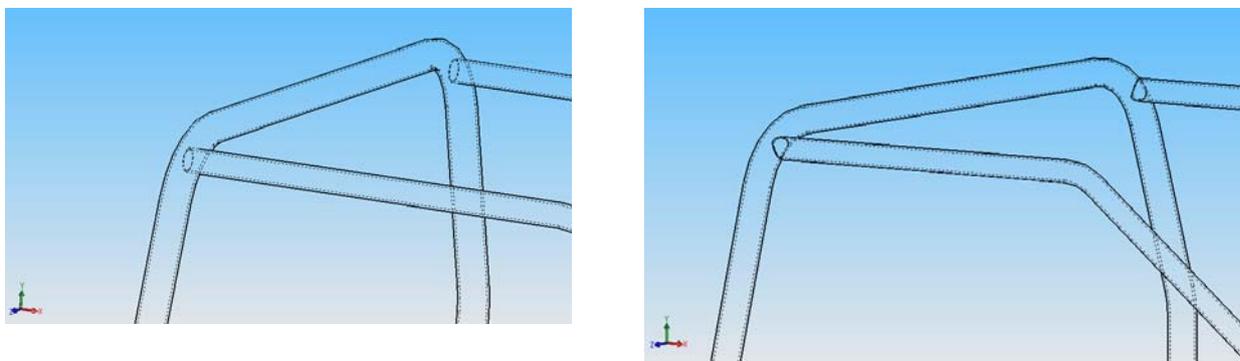


Figura 47 - Ligação de tubos: antes e após o “trim”

6.2. Armadura modelo 1

O primeiro modelo da armadura de segurança foi concebido de acordo com as especificações geométricas mínimas do anexo J, mas sem placas de reforço (“gussets”). É constituído por um arco principal, elementos semi-laterais, um elemento transversal, elementos diagonais, membros de prolongamento traseiro, elementos das portas, reforços de tejadilho e reforços de montante do pára-brisas. A massa total deste modelo é de 45.5 kg.

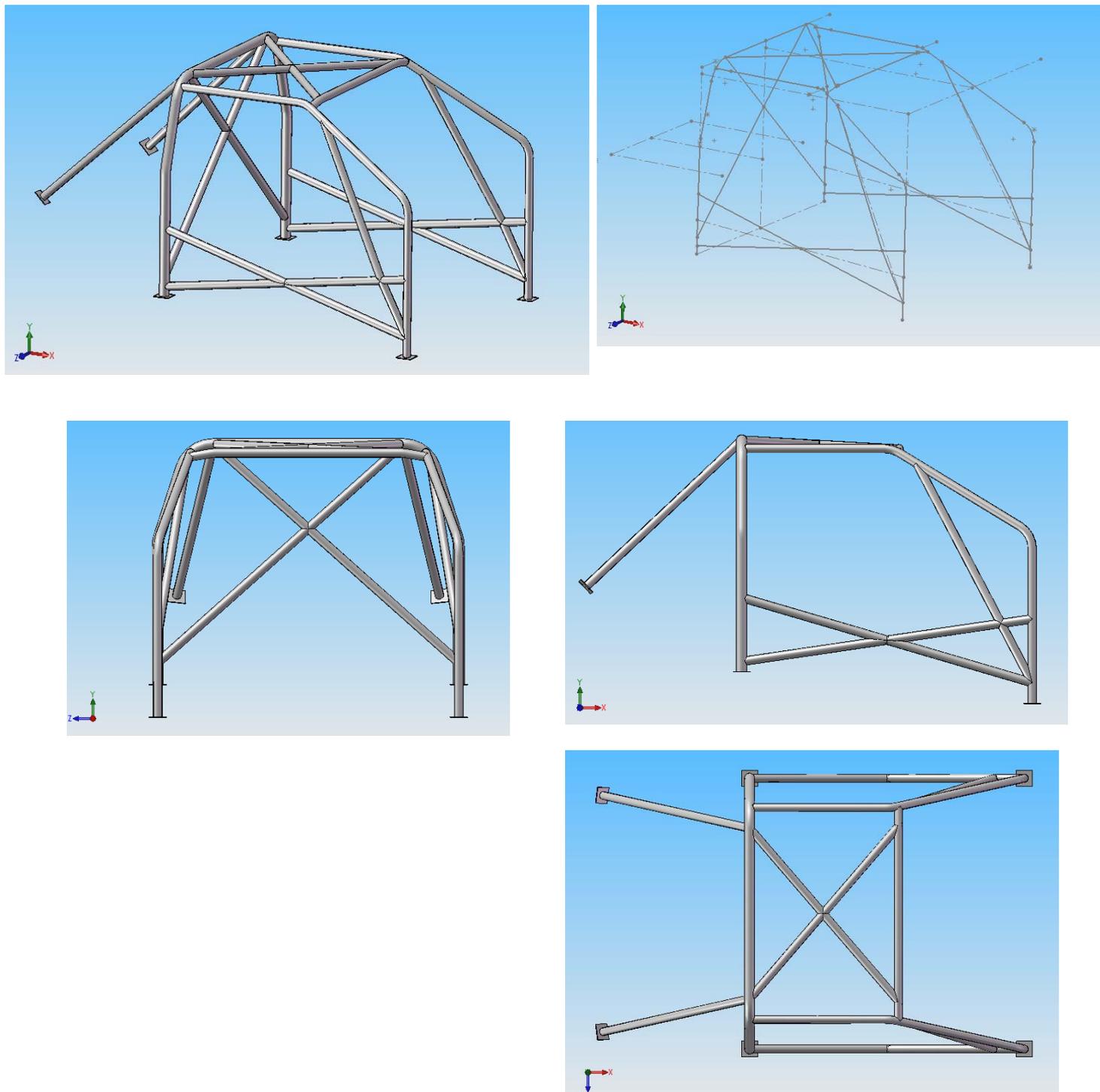


Figura 48 – Várias vistas do modelo 1 da armadura de segurança

6.3. Armadura modelo 2

O segundo modelo da armadura de segurança tem como base novas medições mais ajustadas a carroçaria do Peugeot 308. Os elementos constituintes são os mesmos do modelo 1 mas com geometrias diferentes e com novos reforços. Os reforços suplementares são placas de reforço (“gussets”), reforço dos prolongamentos traseiros e reforços dos elementos semi-laterais relativamente ao arco principal. A geometria do reforço do tejadilho deixa de ser em “X” para passar a ser em “V”. Os elementos das portas têm concepção diferente. De facto, são constituídos por dois tubos dobrados solidários por “gusstes”. Dessa forma, não existe qualquer interrupção e soldadura directa de tubos como era o caso do modelo 1. Espera-se dessa forma maior resistência em caso de embate lateral. A massa total deste modelo é de 53 kg ou seja, é 7.5 kg mais pesado do que o modelo 1.

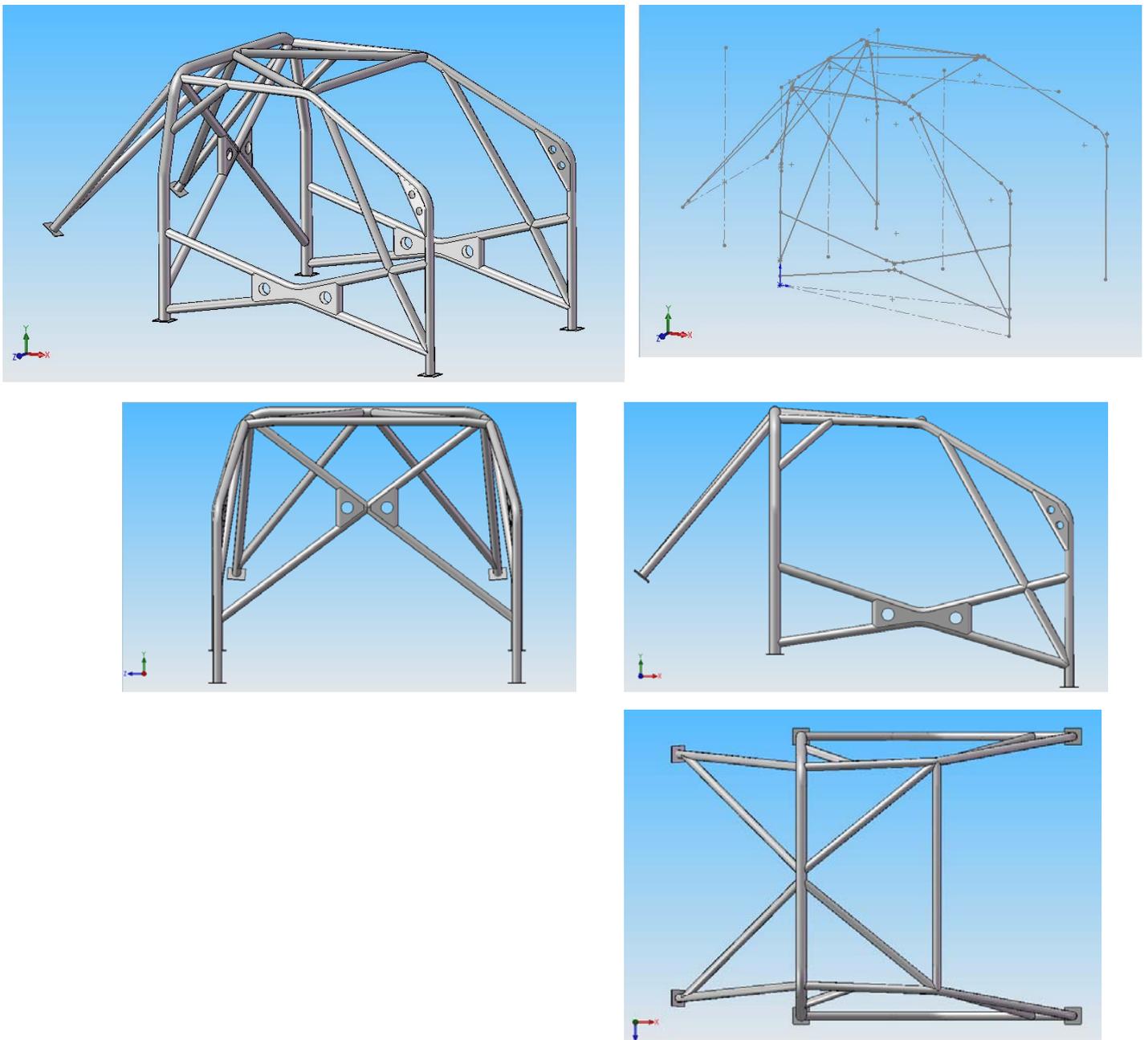


Figura 49 - Várias vistas do modelo 2 da armadura de segurança.

7. Análise numérica – elementos finitos

7.1. Testes e validação de resultados com COSMOSWorks

A ausência de experiência na utilização do COSMOSWorks motivou a realização de estudos prévios. Estes estudos tiveram como objectivo a familiarização com o software e a aprendizagem dos procedimentos correctos para chegar a resultados correctos. Para tal, foram simulados ensaios a determinadas peças comparando os resultados analíticos com os resultados obtidos pelo software. Foram verificados resultados de análise linear-elástica e resultados de análise elasto-plástica.

Considerou-se, para a resolução dos testes, um material com as seguintes características mecânicas:

$$R_{p0.2} = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 340 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 205000 \text{ N/mm}^2$$

$$ETAN = \tan(\beta) = 503 \text{ N/mm}^2$$

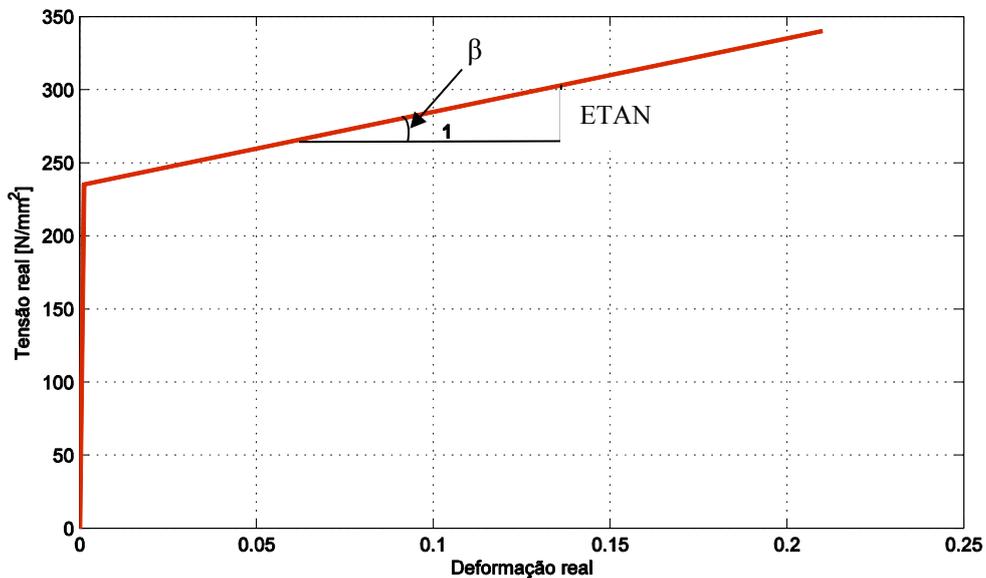


Figura 50 - Curva Tensão/Deformação real do material.

As peças submetidas aos ensaios foram: uma barra de perfil quadrado, um tubo de perfil quadrado e um tubo de perfil circular com as dimensões especificadas nas figuras 51, 52 e 53.

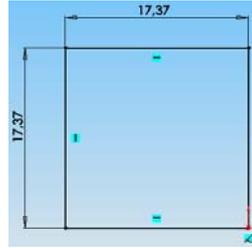
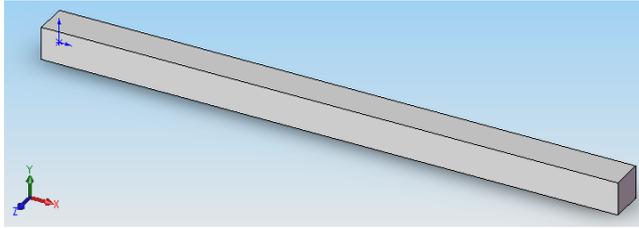


Figura 51 - Barra de Perfil quadrado

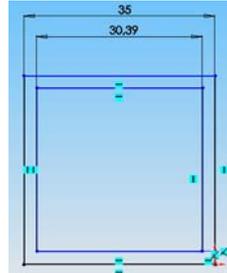
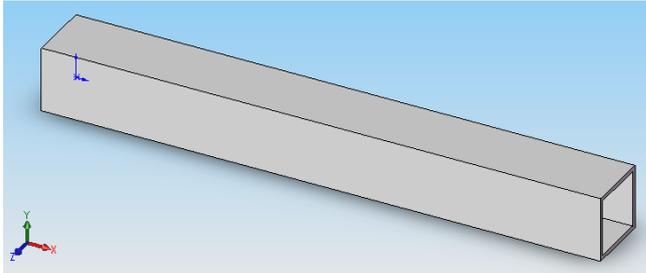


Figura 52 - Tubo de perfil quadrado

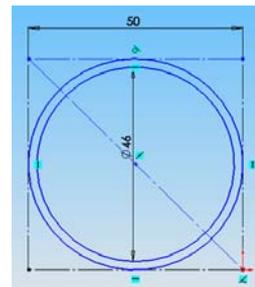
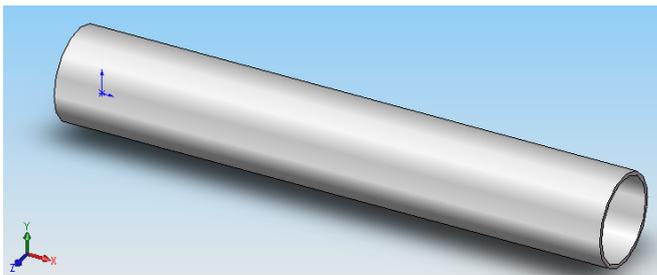


Figura 53 - Tubo de perfil circular

De forma a simplificar a resolução e facilitar a interpretação dos resultados, considerou-se a mesma área e o mesmo comprimento para as peças sujeitas ao estudo.

Na tabela 2 estão indicadas as principais características dos perfis.

Tabela 2 - Características principais das peças ensaiadas

Características	Área [mm ²]	$I_z = I_y$ [m ⁴]	Comprimento [m]
Barra de perfil quadrado	301,6	$7,6 \times 10^{-9}$	0,3
Tubo de perfil quadrado		54×10^{-9}	
Tubo de perfil circular		87×10^{-9}	

7.1.1. Teste de tracção

Neste ensaio, uma face da peça encontra-se encastrada e a face oposta está sujeita a uma força estática de 80 000 N, como mostra a figura 54.

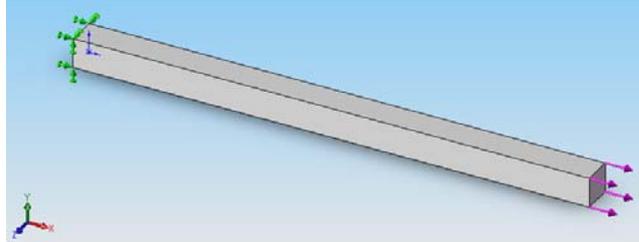


Figura 54 - Ensaio de tracção.

7.1.1.1. Análise linear-elástica

Numa primeira fase, considerou-se o material com um comportamento apenas linear-elástico.

Resolução analítica

Para uma força axial máxima, F , e de valor igual à 80 000 N, obtém-se o seguinte valor de tensão:

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} = \frac{80\,000}{301,6 \times 10^{-6}} = 265,3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$(\sigma_{\max} \approx 1,13 \times \sigma_{ced})$$

O que resulta, de acordo com a lei de Hooke, numa deformação igual à:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{265,3 \times 10^6}{205 \times 10^9} = 1,294 \times 10^{-3}$$

Resolução com COSMOSWorks

Na resolução com o software foi utilizada uma malha de elementos sólidos. Os resultados obtidos pelo programa de elementos finitos estão indicados na tabela 3.

Tabela 3 - Resultados COSMOSWorks da análise linear-elástica para o ensaio de tracção.

COSMOSWorks	σ_{max} [N/m ²]	ϵ
Barra perfil quadrado	265,2 x 10 ⁶	1,293 x 10 ⁻³
Tubo perfil quadrado	263,5 x 10 ⁶	1,292 x 10 ⁻³
Tubo perfil circular	265,3 x 10 ⁶	1,294 x 10 ⁻³

Da análise dos resultados, verifica-se que os valores obtidos pelo software são aproximadamente iguais aos valores obtidos analiticamente, confirmando assim, uma abordagem correcta da modelação numérica.

7.1.1.2. Análise elasto-plástica

Na análise elasto-plástica foi utilizado o critério de plasticidade segundo von-Mises.

Como a força aplicada é de valor constante, o valor de tensão real é desconhecido pelo facto de a área da secção variar. Como a área da secção diminui significativamente na deformação plástica, é necessário conhecer ao certo essa diminuição de área.

A resolução analítica considerando que a deformação é elasto-plástica obriga à resolução com método iterativo (figura 55), pois, a área real é desconhecida. Desconhecendo essa área não é possível calcular a tensão real. Então, começa-se por considerar a área inicial igual à área final e calcula-se a tensão real para a área real. De seguida calculam-se a deformação real (soma da deformação elástica e plástica) e a deformação convencional (pela relação entre valores reais e convencionais).

Chega-se dessa forma a um novo valor para a área, dessa vez considerando a deformação do material.

Admite-se um valor da área real final quando o erro for inferior a 5 %.

Resolução analítica

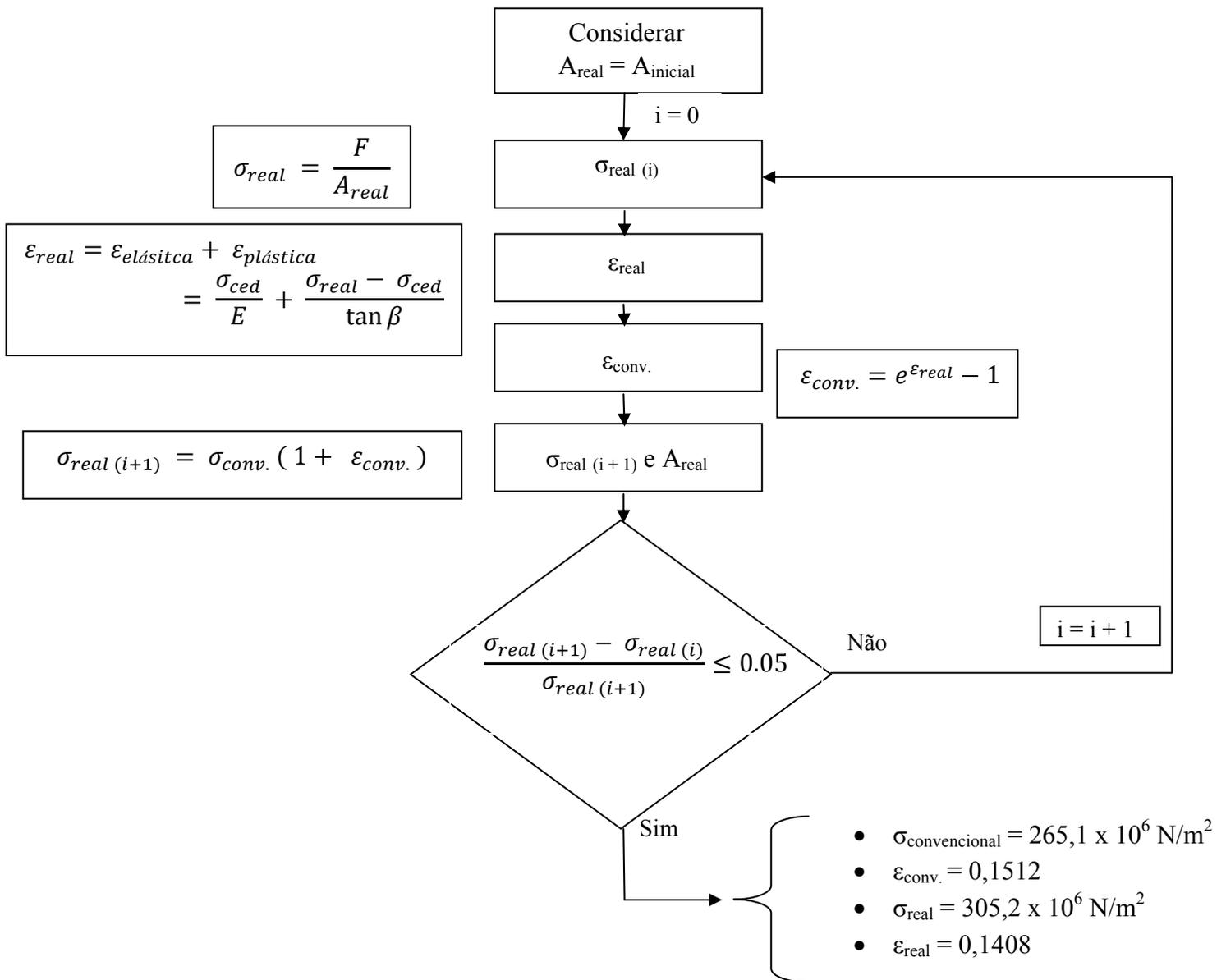


Figura 55 - Método iterativo para obtenção das tensões e deformações.

Resolução com COSMOSWorks

É possível verificar os valores obtidos no COSMOSWorks na tabela 4.

Tabela 4 - Resultados COSMOSWorks da análise elasto-plástica do ensaio de tracção.

COSMOSWorks	σ_{max} [N/m ²]	ϵ
Barra perfil quadrado	304,6 x 10 ⁶	0,1397
Tubo perfil quadrado	305,4 x 10 ⁶	0,1410
Tubo perfil circular	304,9 x 10 ⁶	0,1403

Da análise dos resultados da tabela 4, verifica-se que os valores obtidos pelo software são aproximadamente iguais aos valores obtidos analiticamente, o que confirma que os procedimentos seguidos na modelação numérica estão correctos.

Tal como era de esperar, os valores de tensão obtidos na análise elasto-plástica são superiores relativamente aos valores obtidos na análise linear-elástica. Tal facto deve-se a diminuição da área da secção. Os valores de deformação são igualmente bastante superiores nesta última análise, tal como seria de esperar.

7.1.2. Teste de flexão

Neste ensaio, uma face da peça encontra-se encastrada e a face oposta está sujeita a uma força estática de 1000 N, como se mostra na figura (56).

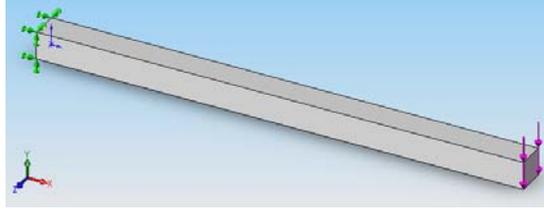


Figura 56 - Ensaio de flexão.

7.1.2.1. Análise linear-elástica

Resolução analítica

Da análise linear elástica para a flexão,
a tensão máxima é calculada da forma seguinte:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot y_{\max}}{I_z} = \frac{1000 \times 0,3 \times \frac{0,01737}{2}}{7,580 \times 10^{-9}} = 343,7 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

quanto ao deslocamento, a equação da deformada, para este exemplo, é a seguinte:

$$y = \frac{Fx^2}{6EI} (3L - x)$$

o que resulta numa flecha máxima para $x = L = 0,3 \text{ m}$ de valor igual a:

$$y_{\max} = - \frac{FL^3}{3EI} = \frac{1000 \times 0,3^3}{3 \times 205 \times 10^9 \times 7,580 \times 10^{-9}} = 5,792 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Apresenta-se na tabela 5 os valores obtidos do cálculo analítico para os diferentes perfis.

Tabela 5 - Resultados da resolução analítica da análise linear-elástica do o ensaio de flexão.

Resolução analítica	σ_{\max} [N/m ²]	y_{\max} [mm]
Barra perfil quadrado	$343,7 \times 10^6$	5,792
Tubo perfil quadrado	$97,3 \times 10^6$	0,8135
Tubo perfil circular	$86,2 \times 10^6$	0,5046

Resolução com COSMOSWorks

Na tabela 6 é possível verificar os valores obtidos pelo COSMOSWorks.

Tabela 6 - Resultados COSMOSWorks da análise linear-elástica do ensaio de flexão

COSMOSWorks	σ_{max} [N/m ²]	y_{max} [mm]
Barra perfil quadrado	332,6 x 10 ⁶	5,783
Tubo perfil quadrado	97,21 x 10 ⁶	0,8603
Tubo perfil circular	86,8 x 10 ⁶	0,5332

Da análise dos resultados, verifica-se que os valores obtidos pelo software são aproximadamente iguais aos valores obtidos analiticamente, o que valida os processos usados na modelação numérica.

7.1.2.2. Análise elasto-plástica

Os resultados da análise elasto-plástica para os diferentes perfis gerados pelo COSMOSWorks estão representados na tabela 7.

Tabela 7 - Resultados COSMOSWorks da análise elasto-plástica do ensaio de flexão.

COSMOSWorks	σ_{max} [N/m ²]	y_{max} [mm]
Barra perfil quadrado	246,2 x 10 ⁶	6,658
Tubo perfil quadrado	97,3 x 10 ⁶	0,8630
Tubo perfil circular	86,9 x 10 ⁶	0,5349

Os valores obtidos na análise elasto-plástica estão de acordo com o esperado. De facto, a tensão máxima e o deslocamento máximo para o tubo de perfil quadrado são aproximadamente iguais tanto na análise elasto-plástica como na análise linear elástica, e o mesmo acontece para o tubo de perfil circular. Isto resulta do facto, do valor de tensão máxima atingido nesses dois perfis é inferior a tensão limite de elasticidade.

Para a barra de perfil quadrado, encontrando-se numa zona plástica, a deformação é, como esperado, superior à verificada na análise linear-elástica.

7.1.3. Teste com elementos sólidos e elementos de casca

Convém referir que a malha gerada pelo COSMOSWorks é feita de forma automatizada sem grande capacidade de alteração por parte do utilizador.

Numa primeira abordagem resolveu-se analisar a armadura utilizando uma malha composta por elementos sólidos. Mas, com este tipo de análise verificou-se um número elevadíssimo de elementos, em virtude de tomarem dimensões muito reduzidas. Os elementos tinham de ser de pequenas dimensões devido à geometria e raios de concordância de algumas partes da estrutura, nomeadamente na junção de dois tubos com o mesmo diâmetro e espessura de parede.

Por essas razões, foram realizados testes para comparar soluções usando elementos sólidos e usando elementos de casca.



Figura 57 - Ligação de dois tubos do mesmo diâmetro.

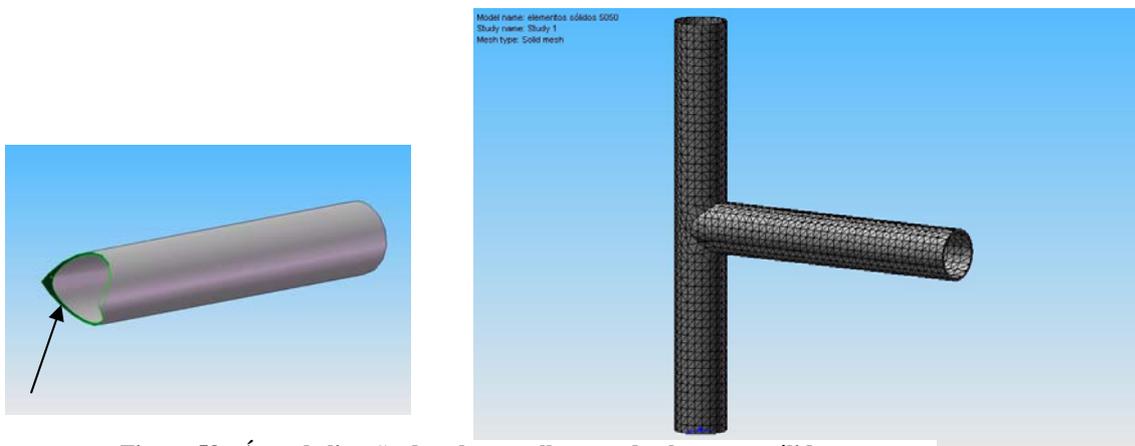


Figura 58 - Área de ligação do tubo e malha usando elementos sólidos

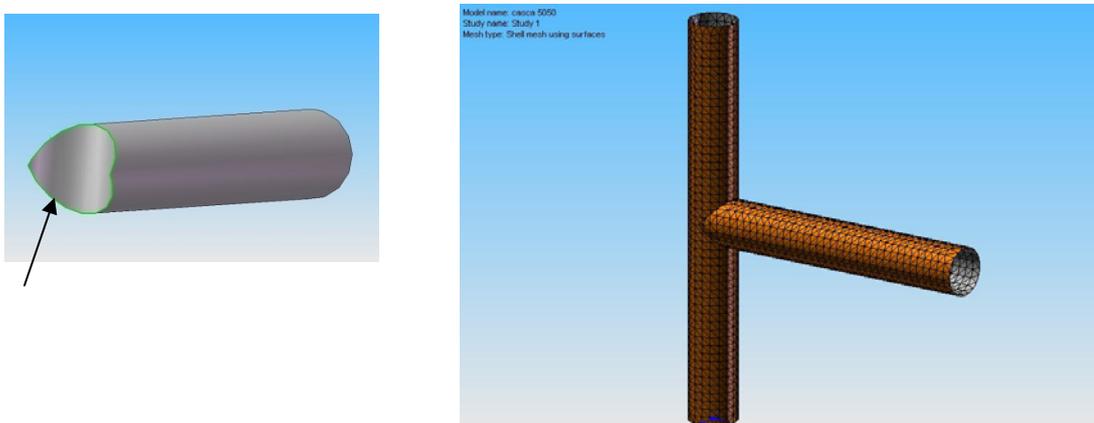


Figura 59 - Linha de ligação do tubo e malha usando elementos de casca

Com uma malha usando elementos de casca o número de elementos obtido é muito menor, passando de 10345 elementos sólidos para 3111 elementos de casca

Usando este tipo de elementos surgiu problema de ligação entre os tubos. De facto, nos elementos sólidos, existindo uma superfície comum entre os componentes, o software considera uma ligação rígida nessa superfície (figura 58). Tal não acontece com elementos em casca. Nesse tipo de malha bidimensional, consideraram-se as cascas rigidamente ligadas pelas linhas em contacto (figura 59). Esse tipo de ligação tem de ser introduzido manualmente no software em cada ligação.

Neste tipo de análise, a superfície da malha é a superfície média da parede do tubo.

7.1.3.1. Testes de junção de tubos

Foram sujeitos a simulação no COSMOSWorks dois ensaios, cada um deles utilizando os dois tipos de malha. Para estes testes considerou-se um comportamento do material perfeitamente elástico ($E = 205\,000\text{ N/mm}^2$).

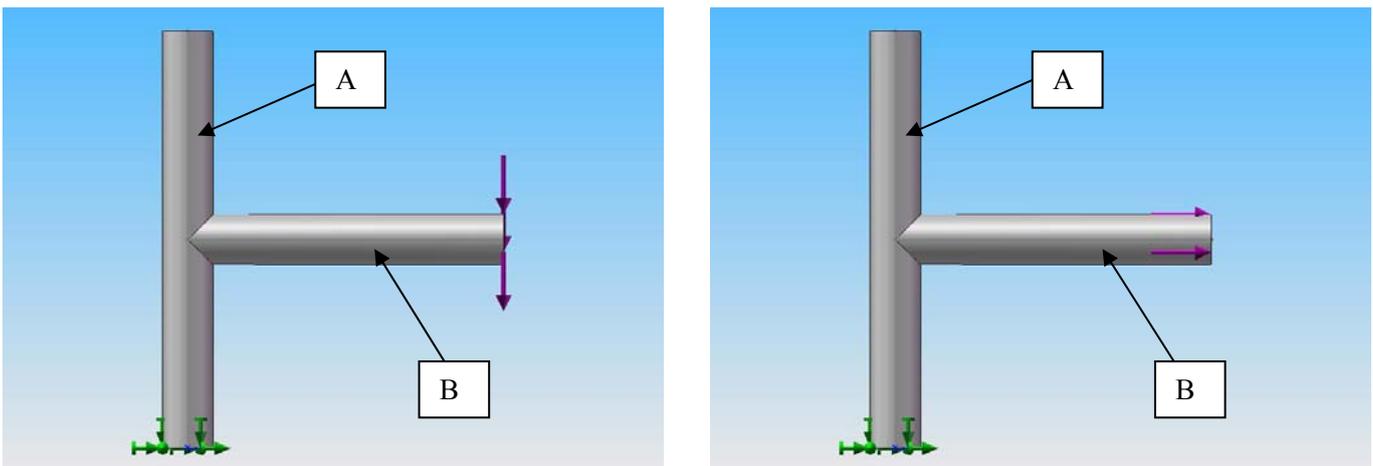


Figura 60 - Ensaio para testes de junção de tubos: primeiro ensaio e segundo ensaio.

Nos dois ensaios consideram-se dois tubos A e B, com 400 mm e 300 mm de comprimento respectivamente. A base inferior do tubo A encontra-se encastrada.

No primeiro ensaio (1), introduz-se uma força de 1000 N vertical descendente na extremidade do tubo B.

No segundo ensaio (2), introduz-se uma força de 1000 N horizontal na extremidade do tubo B.

Após simulação no programa, verificaram-se os resultados da figura 61 e da figura 62.

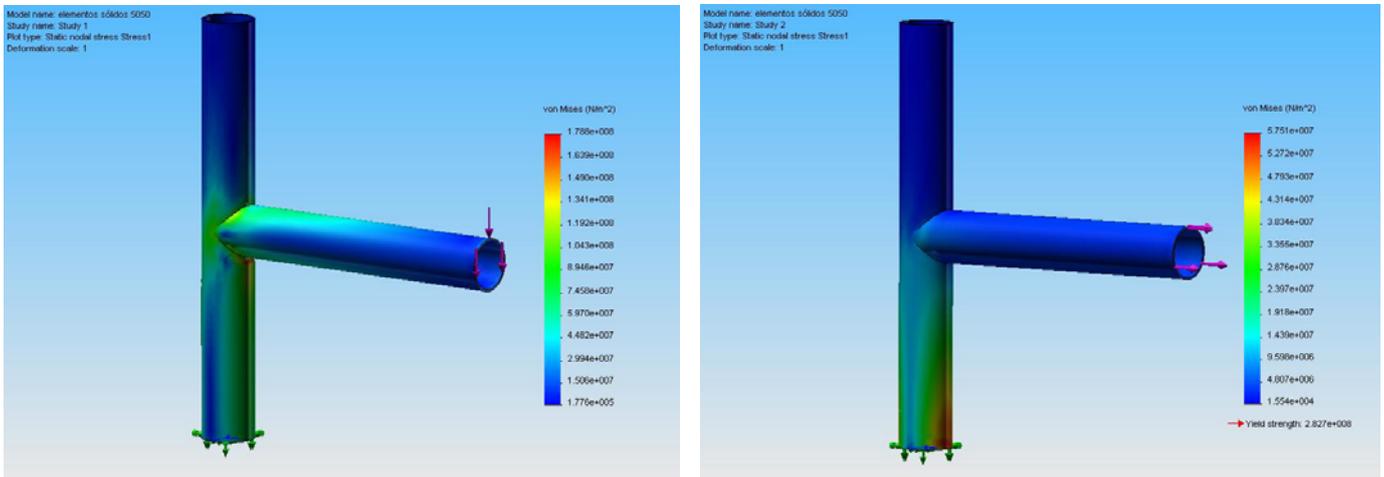


Figura 61 - Resultados usando elementos sólidos para o primeiro ensaio e para o segundo ensaio.

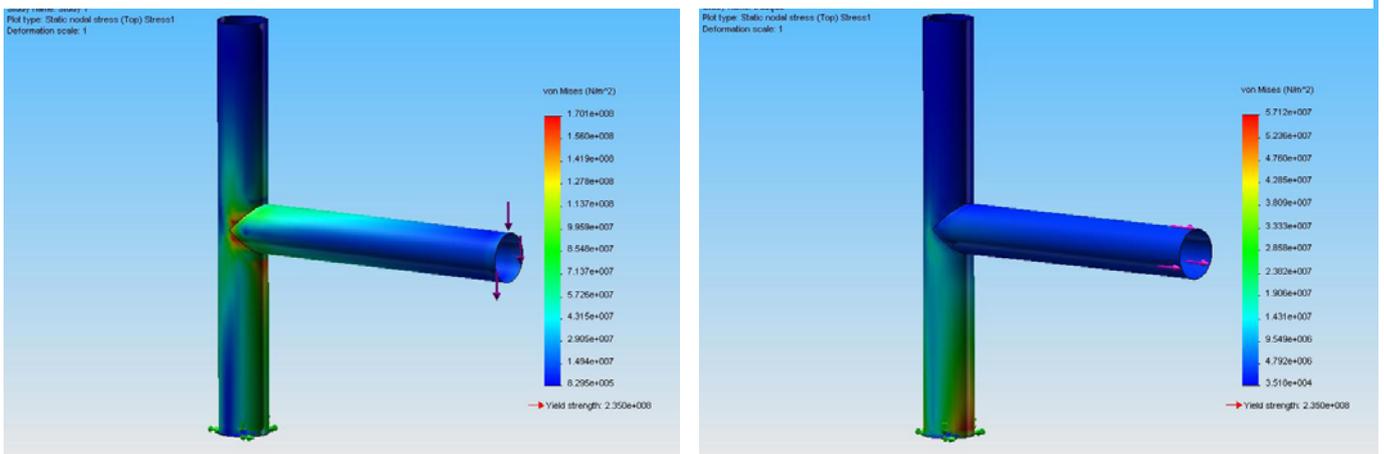


Figura 62 - Resultados usando elementos de casca para o primeiro ensaio e para o segundo ensaio.

Analisando os resultados, verifica-se que a diferença existente entre elementos sólidos e casca é mínima. Existem algumas diferenças mínimas nomeadamente na zona de junção dos tubos.

A malha utilizada daqui para a frente será uma malha de elementos bidimensionais em casca utilizando superfície média.

7.2. Simulação de ensaios da carga estática na estrutura completa

Foram concebidos dois modelos de armadura. Um primeiro com os requisitos mínimos do anexo J, sem reforços (“gussets”) e um segundo modelo com uma concepção geométrica diferente e com “gussets”. Foram simulados vários ensaios a estrutura completa da armadura de forma a garantir a sua resistência quando sujeita a força estrategicamente colocadas, que simulam esforços reais.

O software permite a escolha de malha usando elementos bidimensionais triangulares ou elementos bidimensionais triangulares parabólicos. Optou-se pelo uso de elementos bidimensionais triangulares parabólicos, pois, com este tipo de elementos conseguem-se melhores resultados.

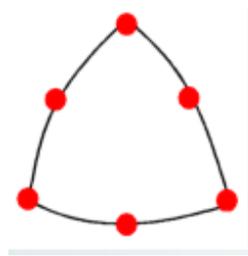


Figura 63 - Elemento triangular parabólico.

É possível definir valores de referência para o tamanho dos elementos. O tamanho do elemento varia entre 38 e 42 mm (valores de referência) entre arestas do triângulo. Este tamanho de elemento revelou-se ser um bom compromisso entre o tempo de cálculo e o rigor da solução.

Após a simulação no CosmosWorks foram analisados com pormenor alguns pontos da estrutura. Foram escolhidos 3 pontos para cada tipo de ensaio e para cada modelo da armadura, foram analisados em pormenor 18 pontos. Esses pontos foram escolhidos, após uma primeira análise de resultados, onde as tensões e/ou os deslocamentos eram mais elevados.

Os valores de tensões e deslocamentos foram determinados directamente nos nós da malha.

Quanto às deformações, os valores fornecidos pelo CosmosWorks referem-se apenas e só aos elementos. Foi necessário, “converter” esses valores fornecidos nos elementos para valores nos nós. Dessa forma, os resultados obtidos quer das tensões, quer das deformações e quer dos deslocamentos referem-se aos mesmos nós. Para tal, analisaram-se os valores de deformações nos elementos adjacentes ao nó desejado e fez-se a média desses valores (figura 64), chegando-se, assim, a uma aproximação do valor de deformação no nó.

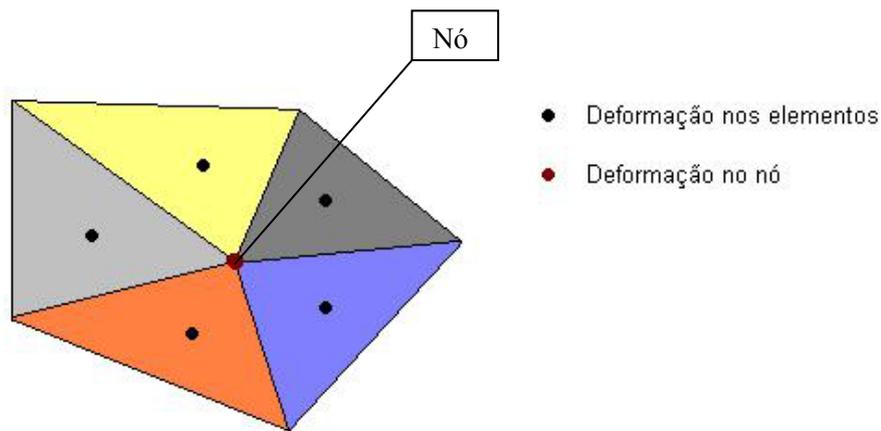


Figura 64 - Localização de um nó e dos elementos adjacentes.

Em virtude de as cargas serem aplicadas indirectamente na armadura, surge um problema relativo ao contacto entre as placas e a armadura. Na impossibilidade de simulação retratando exactamente as condições reais em termos de contacto, foi necessário considerar a superfície em contacto da placa relativamente a estrutura “colada”, ou seja, rigidamente ligada.

7.2.1. Armadura modelo 1

7.2.1.1. Ensaio no arco principal

De acordo com o anexo J, o valor da força a ser aplicada na estrutura é de:

$$F = 7.5 \times (1262 + 150) \times 9.8 = 103\,782\, N$$

A carga é aplicada de forma distribuída sobre a superfície da placa que está em contacto com a superfície superior da armadura de acordo com a figura 65.

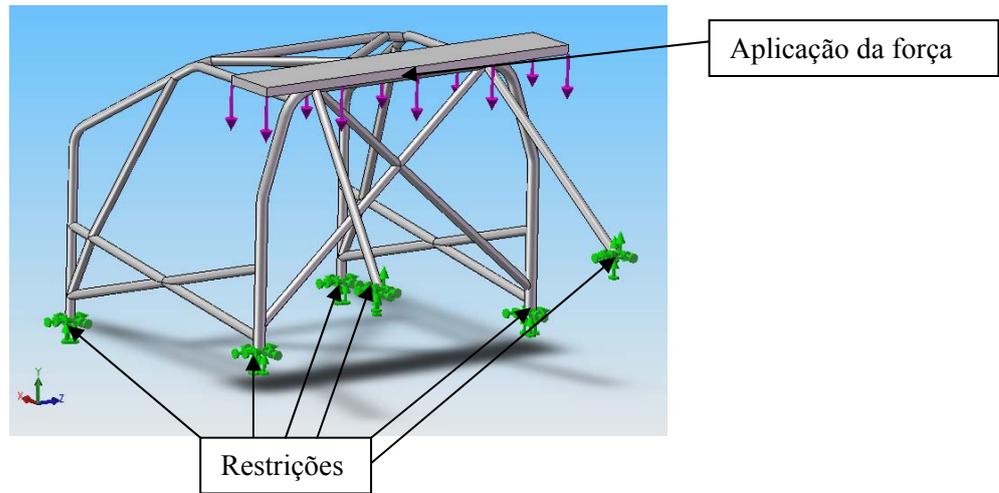


Figura 65 - Ensaio no arco principal do modelo 1.

Após simulação no software, obtiveram-se os resultados de distribuição de tensão, deformação e deslocamento (figura 66).

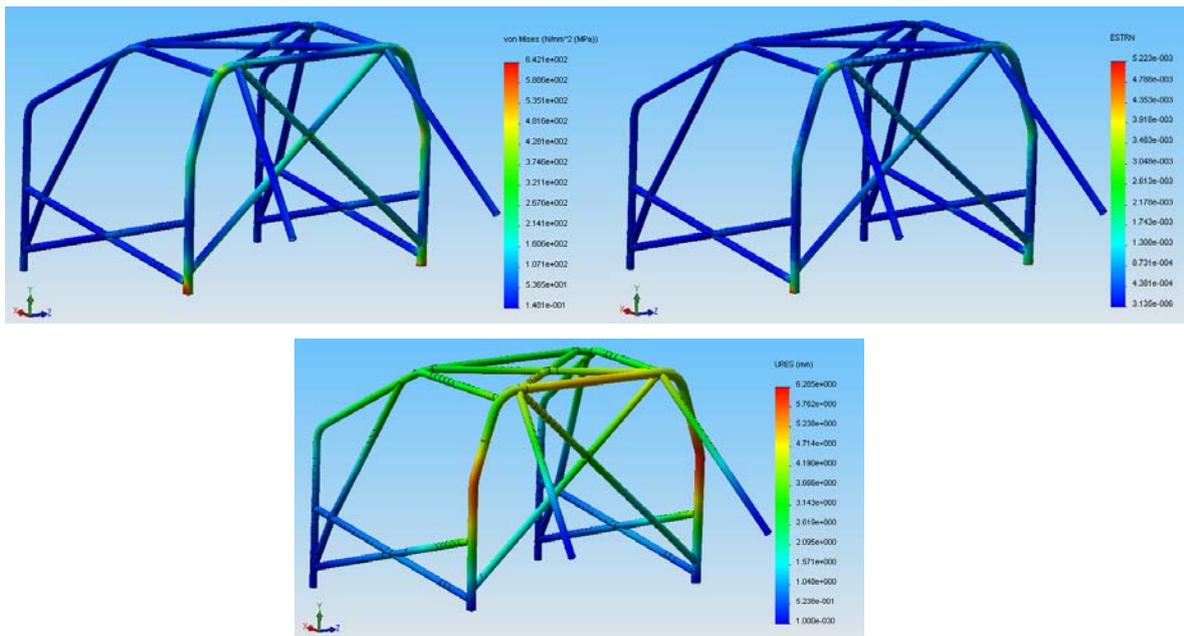


Figura 66 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos para o ensaio no arco principal do modelo 1.

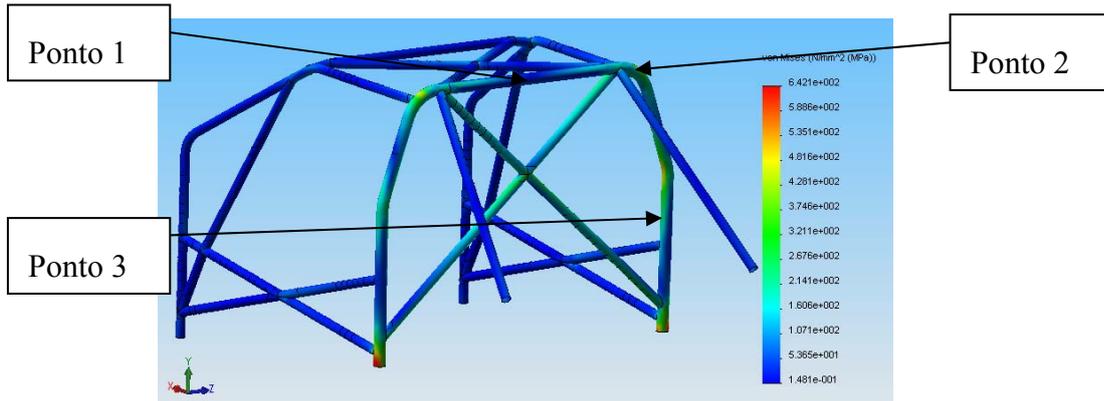


Figura 67 - Localização dos pontos analisados para o ensaio no arco principal do modelo 1.

Os resultados relativos aos pontos assinalados na figura 67 estão apresentados numericamente na tabela 8.

Tabela 8 – Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio no arco principal do modelo 1.

1º ensaio	σ [N/mm ²]				ϵ			
	$\sigma_{\text{von-Mises}}$	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{zz}	ϵ	ϵ_{xx}	ϵ_{yy}	ϵ_{zz}
Ponto 1 nó 11610	24	0	1	24	0.00007	-0.00007	0.00020	-0.00005
Ponto 2 nó 11306	483	-40	-187	-316	0.00300	0.00003	-0.00170	0.00070
Ponto 3 nó 13136	536	328	-281	-3	0.00220	0.00180	-0.00190	0.00002

1º ensaio	Δ [mm]			
	Δ	Δ_x	Δ_y	Δ_z
Ponto 1	5	2.9	-4.1	0.1
Ponto 2	3.9	2.9	-2.5	0.2
Ponto 3	6.3	1.1	-0.4	6.2

Como se pode verificar da análise dos resultados, existe um deslocamento máximo de 4.1 mm na direcção da força aplicada. Este deslocamento permite referir que a armadura satisfaz os requisitos relativos a este ensaio, pois, o deslocamento é inferior a 50 mm. O facto de as tensões serem de valores inferiores ao limite de elasticidade faz com que os deslocamentos sejam baixos.

7.2.1.2. Ensaio no semi-arco lateral

Relembrando o ensaio no semi-arco lateral, a carga é 3,5 vezes a massa do veículo mais 150 kg .A orientação da carga é a apresentada na figura.

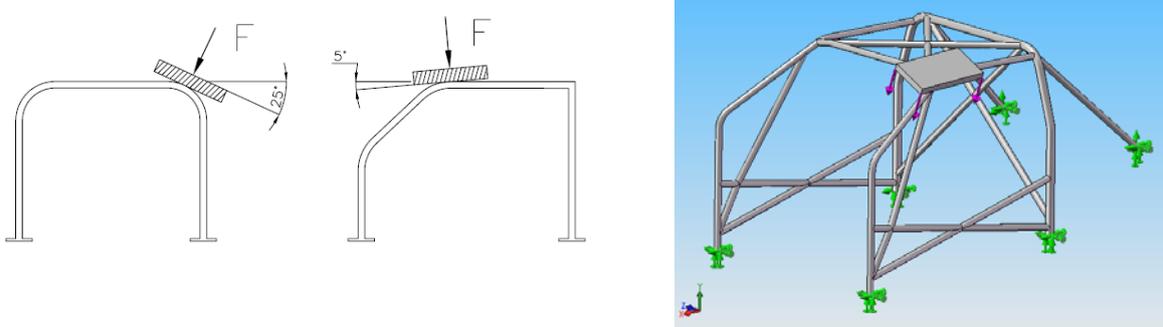


Figura 68 - Ensaio no semi-arco lateral do modelo 1.

Tendo F o valor de:

$$F = 3.5 \times (1262 + 150) \times 9.8 = 48\,432\text{ N}$$

Decompondo a Força F obtem-se para o referencial das figuras:

$F_x = -3\,828\text{ N}$	Coseno director $xx = -0.079$
$F_y = -43\,757\text{ N}$	Coseno director $yy = -0.903$
$F_z = 20\,404\text{ N}$	Coseno director $zz = 0.421$

A figura 69 representa a distribuição de tensões, deformações e deslocamentos.

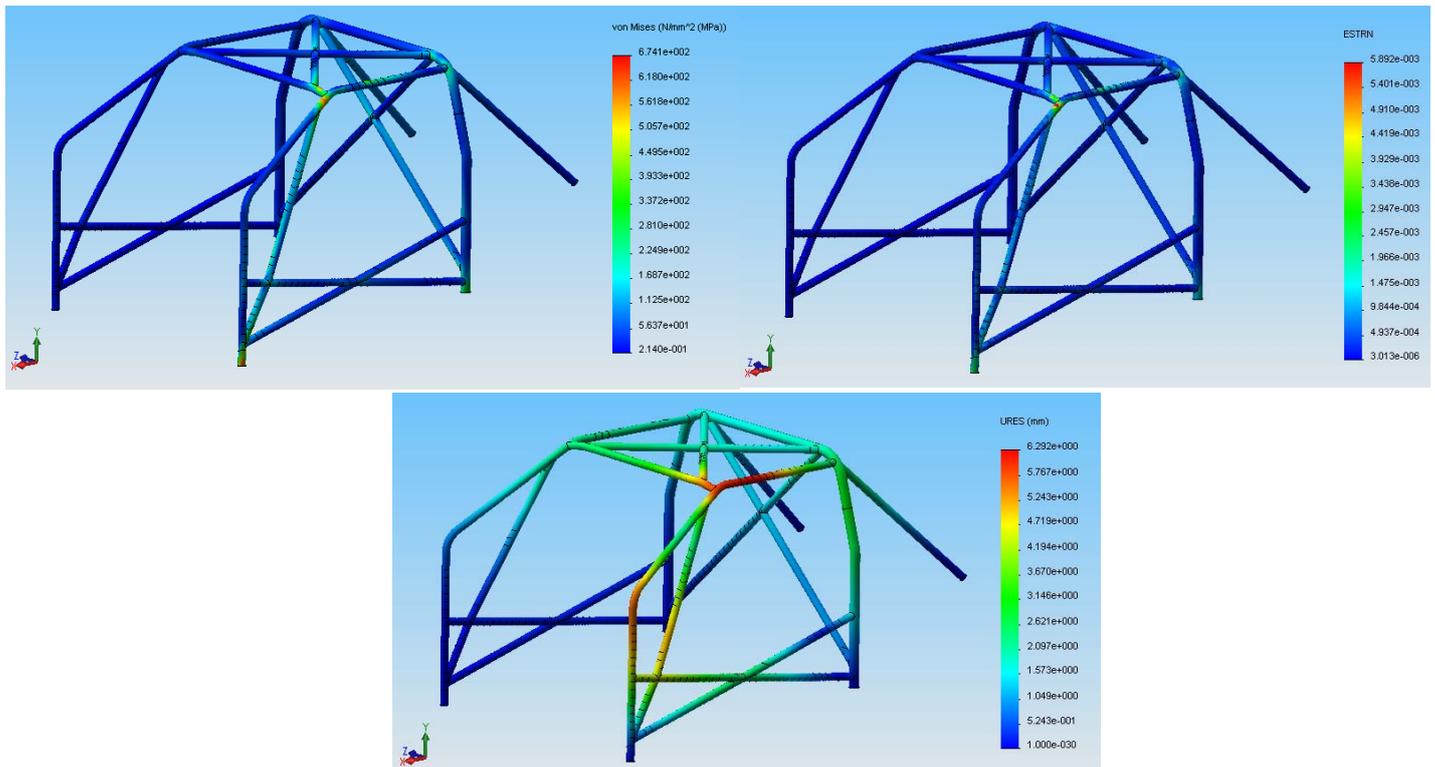


Figura 69 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos do ensaio no semi-arco lateral do modelo 1.

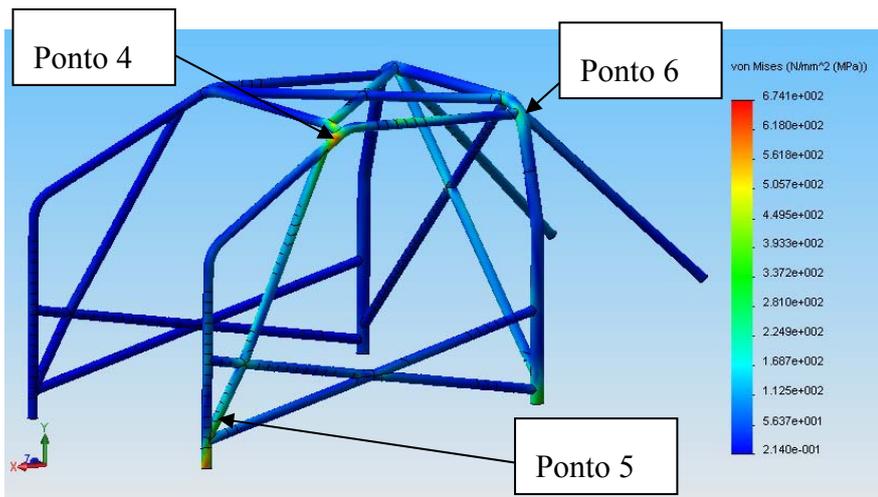


Figura 70 - Localização dos pontos analisados para o ensaio no semi-arco lateral do modelo 1.

Para os pontos assinalados na figura 70 obtiveram-se os seguintes valores:

Tabela 9 - Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio semi-arco lateral do modelo 1.

	σ [N/mm ²]				ϵ			
	σ von-Mises	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{zz}	ϵ	ϵ_{xx}	ϵ_{yy}	ϵ_{zz}
Ponto 4 nó 4264	600	-292	-391	-43	0.00420	-0.00262	0.00208	0.00014
Ponto 5 nó 13819	464	-67	-340	37	0.00189	-0.00032	-0.00091	0.00049
Ponto 6 nó 12384	285	-194	-51	-22	0.00220	-0.00112	0.00052	0.00030

	Δ [mm]				
	Δ	Δ_x	Δ_y	Δ_z	$\Delta_{segundo F}$
Ponto 4	5.6	-2.5	-4.7	1.7	5.1
Ponto 5	0.9	0.5	-0.1	-0.8	-0.3
Ponto 6	2.5	-2.2	0.5	1.2	0.2

Conhecendo os cosenos directores relativos a direcção da força, é possível obter os valores de deslocamento nessa direcção para os pontos desejados.

Como se pode verificar, o deslocamento máximo é de 5.1 mm na direcção da carga aplicada, inferior ao valor máximo admissível de 100 mm. Tal como no ensaio no arco principal, as tensões não ultrapassam o limite de elasticidade.

7.2.1.3. Ensaio de impacto lateral

Devido a inexistência de qualquer tipo de ensaio de impacto lateral pela FIA, e o facto de ser um dos impactos que tem como consequências lesões muito graves nos ocupantes, decidiu-se realizar este ensaio na estrutura.

Este ensaio consiste na aplicação de uma força concentrada, de valor igual a carga aplicada no ensaio ao semi-arco lateral na protecção lateral da armadura a meia distância entre o ancoramento frontal e o ancoramento do arco principal. Essa força é aplicada num cilindro, que tem 50 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento, e por sua vez aplicado na estrutura.

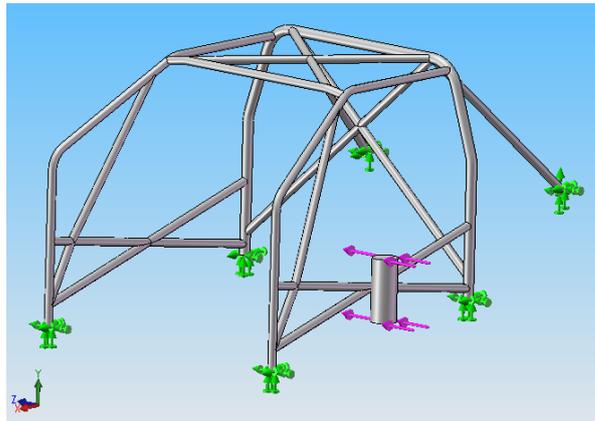


Figura 71 - Ensaio de impacto lateral no modelo 1.

Este ensaio não tem qualquer influência na aprovação ou não da armadura, apenas serve para se ter noção das consequências na estrutura quando sujeita, nessa zona e nessas condições, a uma força equivalente a carga aplicada no ensaio no semi-arco lateral.

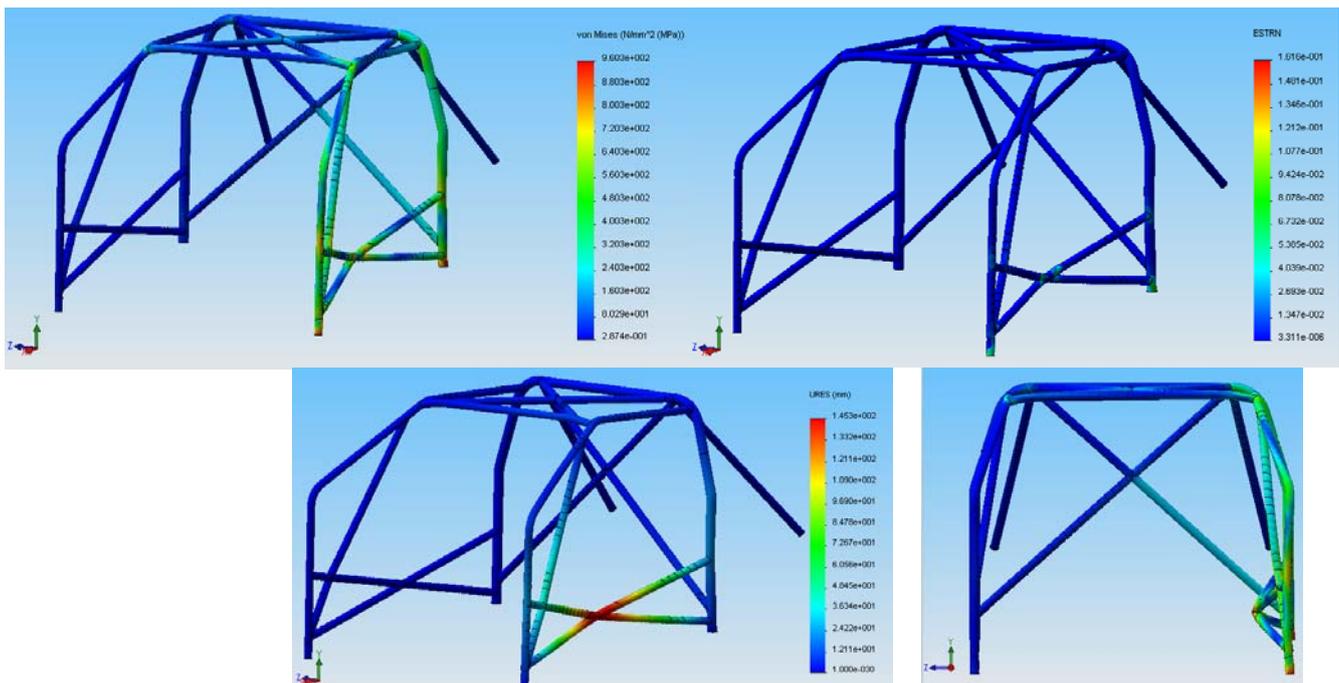


Figura 72 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos do ensaio de impacto lateral do modelo 1.

Como se pode verificar na figura 72, o deslocamento da estrutura é bastante elevado.

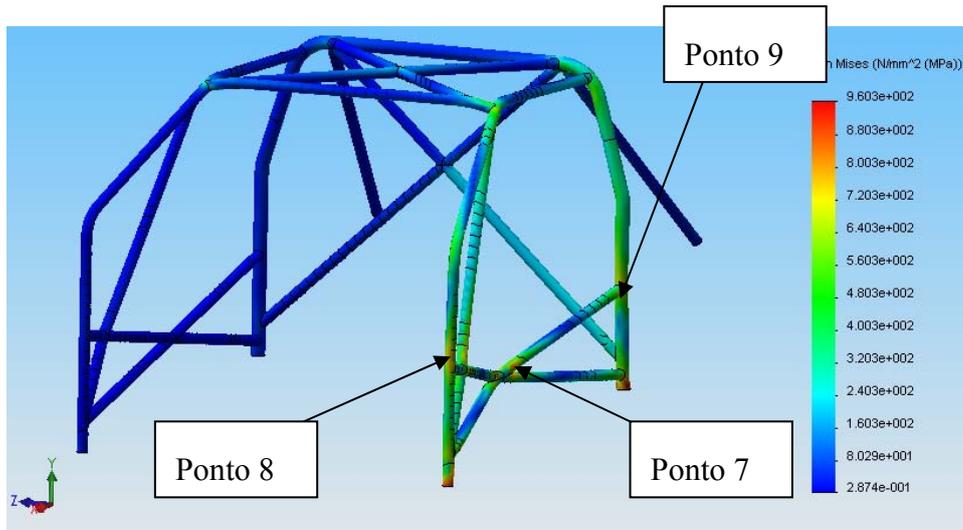


Figura 73 - Localização dos pontos analisados para o ensaio de impacto lateral do modelo 1.

Foram analisados três pontos com pormenor (figura 73), resultando na tabela 10.

Tabela 10 - Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio de impacto lateral do modelo 1.

	σ [N/mm ²]				ϵ			
	σ von-Mises	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{zz}	ϵ	ϵ_{xx}	ϵ_{yy}	ϵ_{zz}
Ponto 7 nó 13235	920	837	-6	-10	0,06348	0,05986	-0,01765	-0,0387
Ponto 8 nó 5704	785	2	695	-65	0,01653	0,01545	-0,00878	-0,00382
Ponto 9 nó 12070	747	440	-330	87	0,01334	0,01334	-0,01242	-0,00223

	Δ [mm]			
	Δ	Δx	Δy	Δz
Ponto 7	144.4	-5.6	-30.9	140.9
Ponto 8	27.1	-23.1	-1	14
Ponto 9	23.2	21.6	-0.3	8.6

Um dos valores de maior importância deste ensaio é o deslocamento de valor elevado em zz do ponto 7 (140.9 mm). De facto, com esta carga, parte da estrutura sofre tensões superiores ao limite de elasticidade do material, o que origina deformações e deslocamentos elevados.

7.2.2. Armadura modelo 2

O segundo modelo foi submetido ao mesmo tipo de ensaios que o primeiro modelo. O valor das cargas aplicadas fora os mesmos, assim como as zonas de aplicação, de forma a comparar posteriormente os dois modelos.

7.2.2.1. Ensaio no arco principal

Tal como no primeiro modelo, o modelo 2 foi submetido a um ensaio no arco principal como o mesmo valor de carga igual a 103782 N.

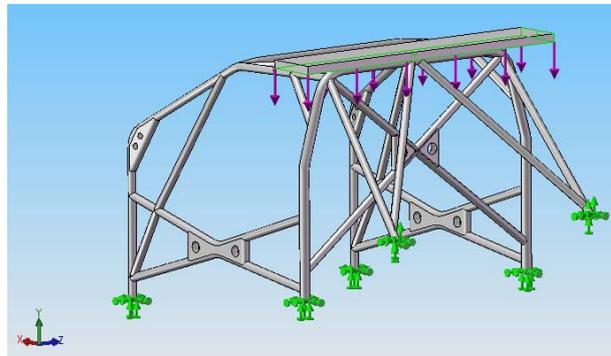


Figura 74 - Ensaio no arco principal do modelo 2.

Deste ensaio resultaram as distribuições representadas na figura 75.

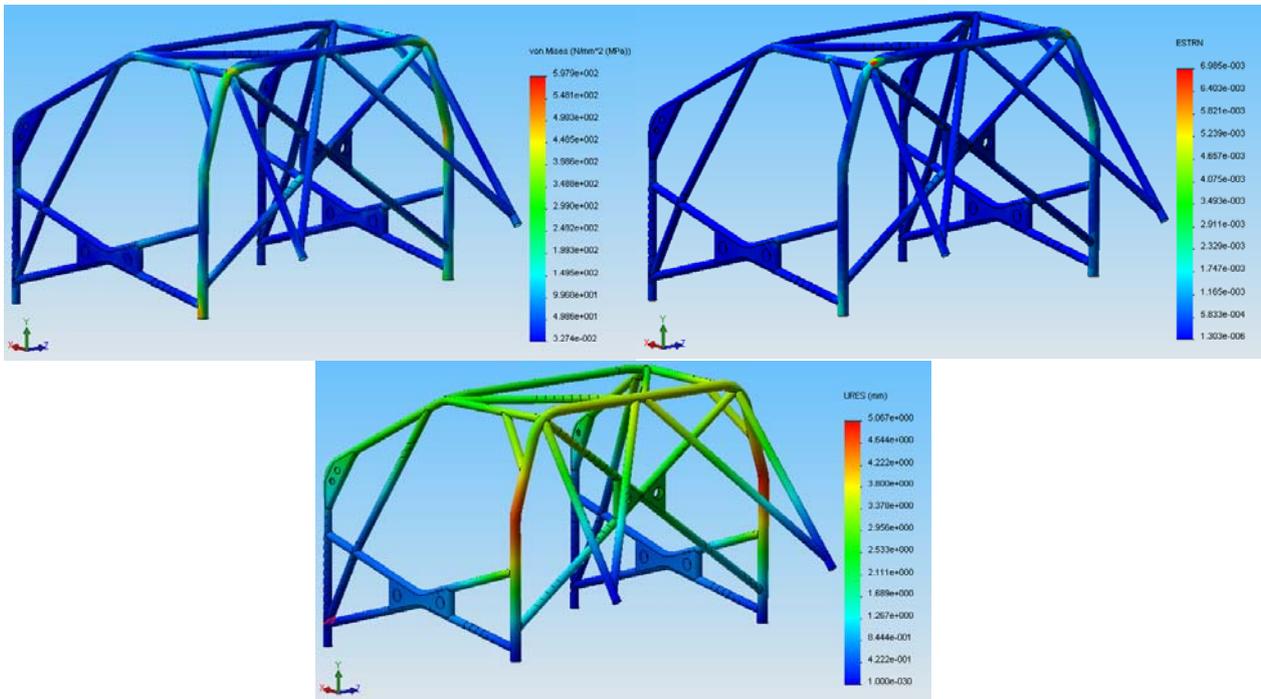


Figura 75 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos para o ensaio no arco principal do modelo 2.

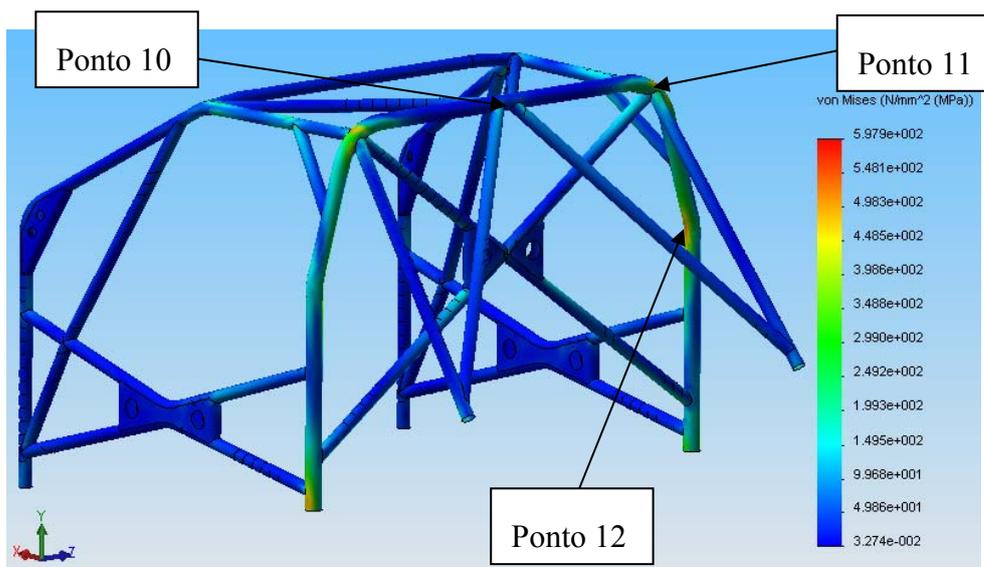


Figura 76 - Localização dos pontos analisados para o ensaio no arco principal do modelo 2.

Para os pontos 10, 11 e 12 (figura 76) obtiveram-se os resultados da tabela 11.

Tabela 11 – Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio no arco principal do modelo 2.

1º ensaio	σ [N/mm ²]				ϵ			
	$\sigma_{\text{von-Mises}}$	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{zz}	ϵ	ϵ_{xx}	ϵ_{yy}	ϵ_{zz}
Ponto 10 nó 11921	30	15	9	-9	0,00034	0,00018	-0,00013	-0,00003
Ponto 11 nó 11682	553	-10	-200	-356	0,00434	0,00034	-0,00215	0,00093
Ponto 12 nó 13485	530	278	-326	-2	0,00220	0,00154	-0,00199	0,00015

1º ensaio	Δ [mm]			
	Δ	Δx	Δy	Δz
Ponto 10	3.5	2.5	-2.4	2.1
Ponto 11	3.3	2.5	-2.1	0
Ponto 12	5	1.3	-0.4	4.9

Após análise dos resultados, verifica-se um deslocamento máximo de 2.4 mm na direcção da força aplicada, inferior ao valor obtido no modelo 1 (4.1 mm). Ou seja, com esta concepção geométrica do modelo 2, melhorou-se o comportamento da estrutura para o ensaio no arco principal. As tensões mantêm-se abaixo do limite de elasticidade.

7.2.2.2. Ensaio no semi-arco lateral

Foi realizado no segundo modelo o mesmo ensaio no semi-arco principal com o mesmo valor de carga, $F = 48432 \text{ N}$.

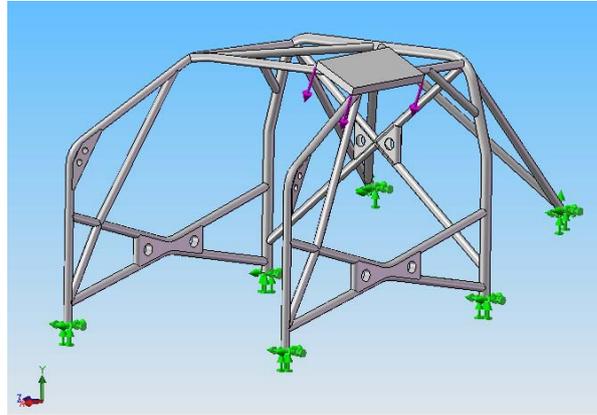


Figura 77 - Ensaio no semi-arco lateral do modelo 2.

Após simulação no Comosworks, obtiveram-se distribuições de tensões, deformações e deslocamentos representadas na figura 78.

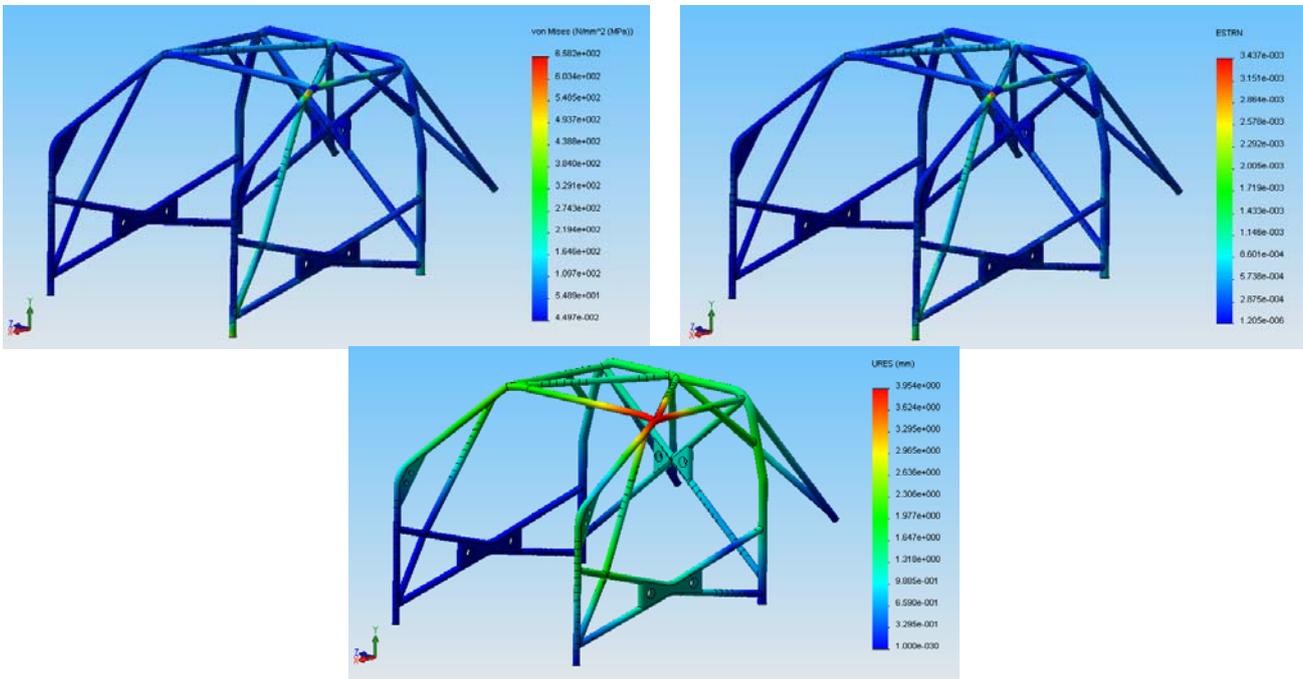


Figura 78 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos do ensaio no semi-arco lateral do modelo 2.

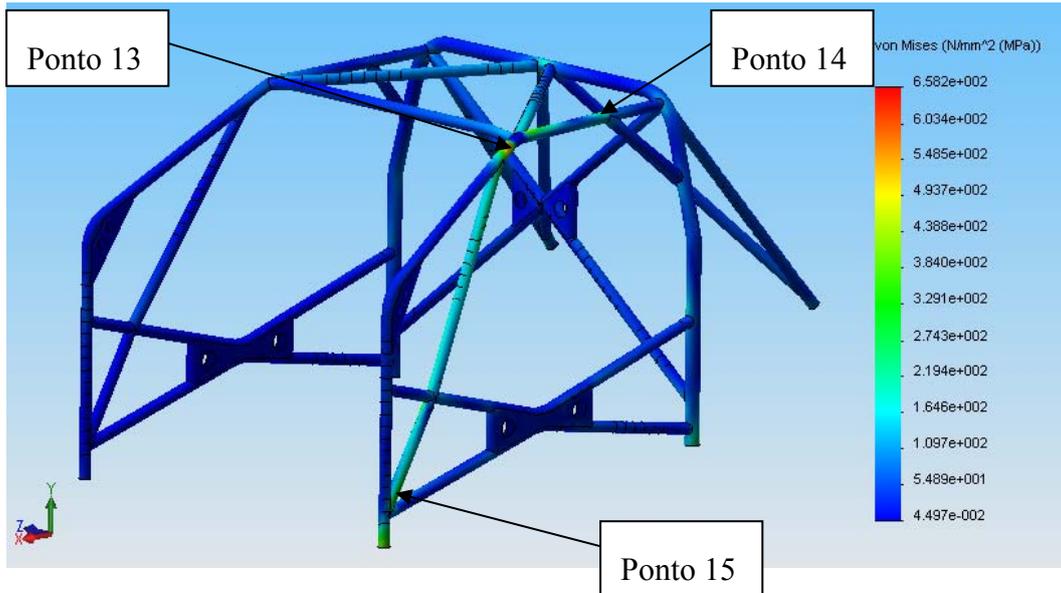


Figura 79 - Localização dos pontos analisados para o ensaio no semi-arco lateral do modelo 2. Os valores numéricos de tensão, deformação e deslocamento encontram-se na tabela 12.

Tabela 12 - Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio semi-arco lateral do modelo 2.

	σ [N/mm ²]				ϵ			
	σ von-Mises	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{zz}	ϵ	ϵ_{xx}	ϵ_{yy}	ϵ_{zz}
Ponto 13 nó 3724	613	-308	-243	-47	0,00333	-0,00158	-0,00094	0,00122
Ponto 14 nó 3496	379	-333	2	78	0,00161	-0,00170	0,00071	0,00035
Ponto 15 nó 10223	388	-68	-316	-13	0,00161	0,00003	-0,00001	-0,00001

	Δ [mm]				
	Δ	Δ_x	Δ_y	Δ_z	$\Delta_{segundo F}$
Ponto 13	3.9	-1.3	-3.2	1.8	3.8
Ponto 14	2	-1.3	-0.2	1.6	1.0
Ponto 15	0.4	0.4	-0.1	-0.2	0

Embora seja mínima, houve uma diminuição do deslocamento máximo da estrutura do modelo 1 para o modelo 2, passando de 5.1 mm para 3.8 mm respectivamente. Ou seja, com o segundo modelo melhora-se a resposta da armadura no ensaio no semi-arco lateral.

7.2.2.3. Ensaio de impacto lateral

Tal como no primeiro modelo, efectuou-se o ensaio de impacto lateral também no segundo modelo. Sendo a protecção lateral do modelo 2 de concepção diferente, esperam-se valores também eles diferentes para o ensaio de impacto lateral.

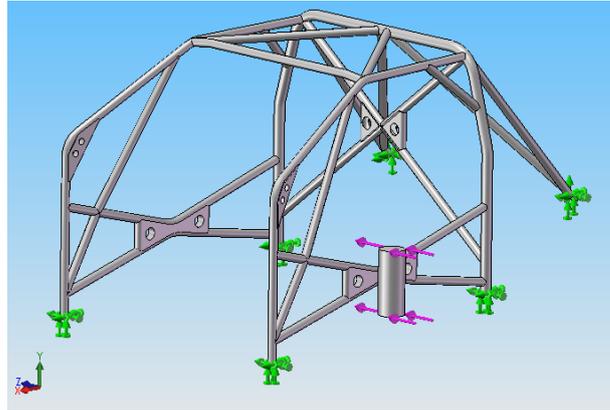


Figura 80 -- Ensaio de impacto lateral no modelo 2.

A figura 81 representa as distribuições de tensões, deformações e deslocamentos após simulação.

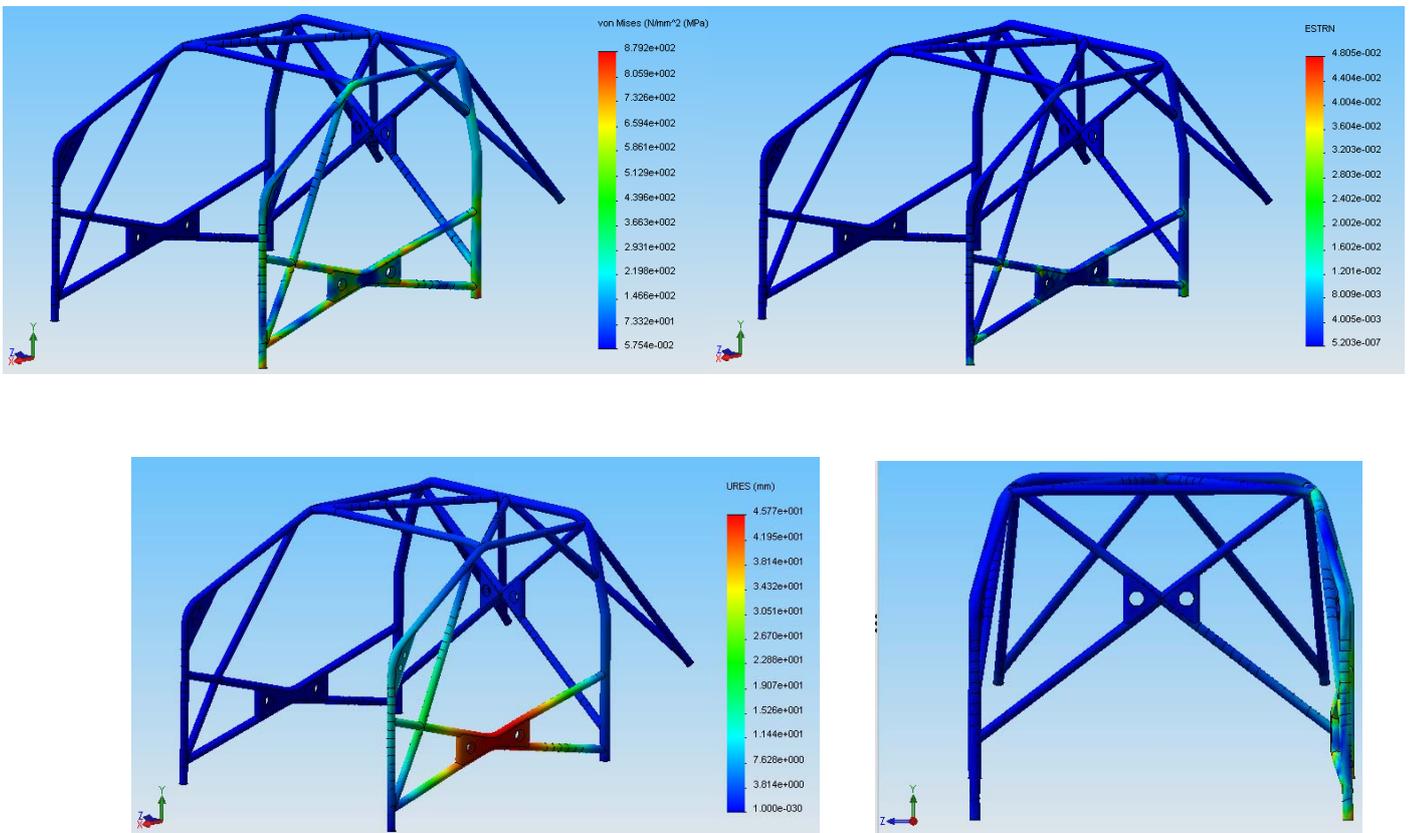


Figura 81 - Resultados gráficos de distribuição de tensões, deformações e deslocamentos do ensaio de impacto lateral do modelo 2.

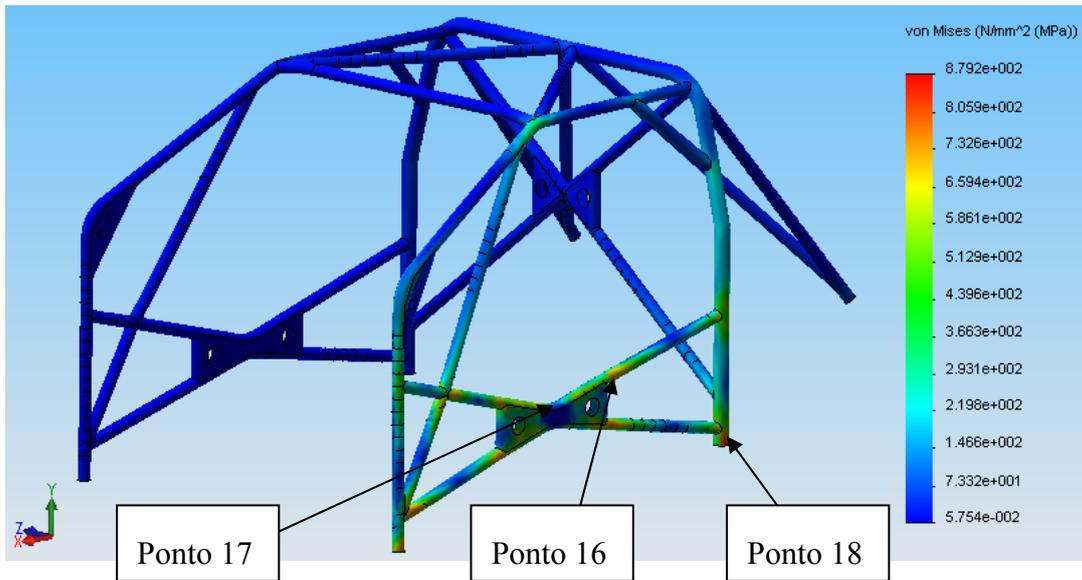


Figura 82 - Localização dos pontos analisados para o ensaio de impacto lateral do modelo 2.

Os pontos de maior interesse possuem valores numéricos de tensão, deformação e deslocamento da tabela 13.

Tabela 13 - Resultados numéricos de tensão, deformação e deslocamento para o ensaio de impacto lateral do modelo 2.

	σ [N/mm ²]				ϵ			
	$\sigma_{\text{von-Mises}}$	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{zz}	ϵ	ϵ_{xx}	ϵ_{yy}	ϵ_{zz}
Ponto 16 nó 15870	779	688	10	0	0,01031	0,00943	-0,00358	-0,00382
Ponto 17 nó 15474	396	303	-66	-39	0,00108	0,00040	0,00022	-0,00024
Ponto 18 nó 13474	815	87	79	2	0,02620	0,00003	0,00167	-0,00160

	Δ [mm]			
	Δ	Δ_x	Δ_y	Δ_z
Ponto 16	42	-1.6	-3	41.9
Ponto 17	45.8	-0.6	2.9	45.7
Ponto 18	0	0	0	0

Embora se verificam melhoramentos em todos os ensaios do modelo 1 para o modelo 2, o ensaio de impacto lateral é o teste no qual se verifica maior diferença entre as duas concepções. Ao passar do primeiro para o segundo modelo, o deslocamento máximo na direcção da carga aplicada diminuiu de 140.9 mm (modelo 1) para 45.7 (modelo 2). Tal diferença de valores de deslocamento devem-se ao facto de a tensão do modelo 1 (920 N/mm^2) ser bastante superior à tensão do modelo 2 (779 N/mm^2) nos pontos 7 e 16 respectivamente. Verifica-se então, que a geometria das protecções laterais do segundo modelo diminua bastante a probabilidade de penetração da estrutura no habitáculo em caso de embate lateral.

8. Conclusões e trabalhos futuros

Este trabalho permitiu familiarizar-se com programas indispensáveis nos dias de hoje em engenharia. A modelação tridimensional e análise por elementos finitos aplicam-se hoje em dia em variadíssimas áreas, para projecto e concepção de todo o tipo de produtos.

Foram concebidos dois modelos de armadura de segurança distintos para o Peugeot 308 de acordo com as especificações da regulamentação.

Na figura 83 é possível comparar a geometria do primeiro modelo com a geometria do segundo modelo.

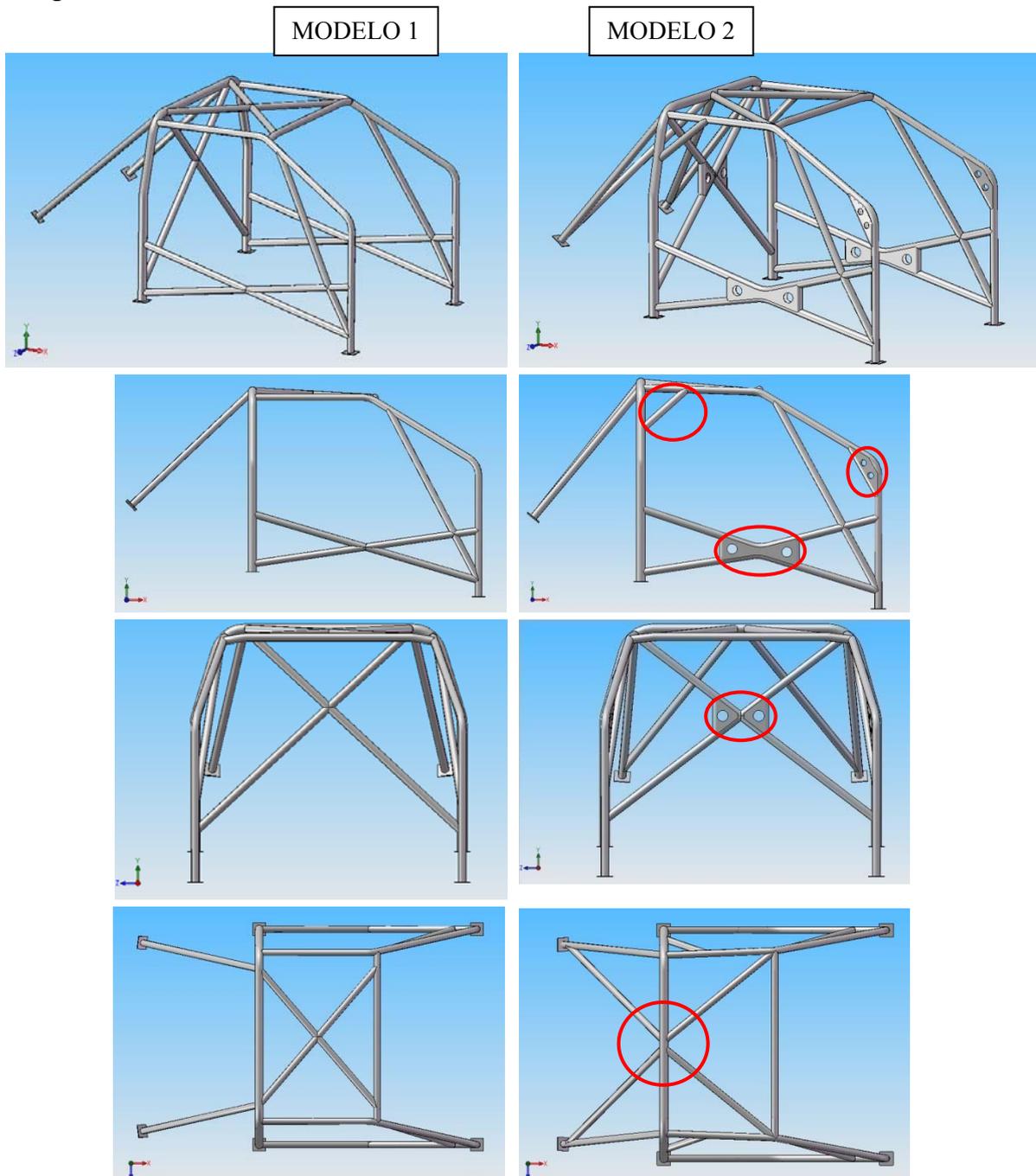


Figura 83 - Diferenças geométricas dos dois modelos concebidos.

Após análise dos resultados obtidos nos ensaios realizados nos modelos de armaduras de segurança concebidos, os testes realizados indicam que tanto o primeiro como o segundo modelo satisfazem as exigências da regulamentação.

De facto, os deslocamentos máximos consequentes do ensaio no arco principal são respectivamente para o primeiro e para o segundo modelo de 4.1 mm e 2.4 mm, ou seja inferior ao valor máximo admissível de 50 mm. Para o ensaio no semi-arco lateral obtiveram-se 5.1 mm e 3.8 mm respectivamente para o primeiro e segundo modelo, valor inferior ao máximo admissível de 100 mm.

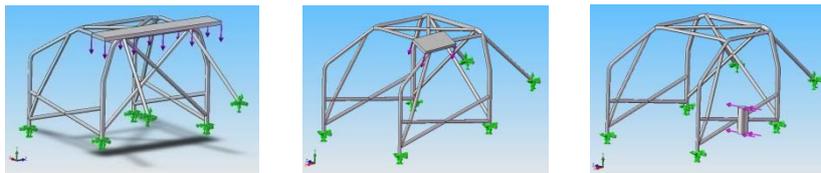


Figura 84 - Diferentes ensaios realizados: Ensaio no arco principal, ensaio no semi-arco lateral e ensaio de impacto lateral.

Na figura 85, ilustram-se os valores de tensões correspondentes a vários pontos da estrutura para os três tipos de ensaio (ensaio no arco principal, ensaio no semi-arco lateral e ensaio de impacto lateral). Pode-se comparar dessa forma valores de tensões em pontos do primeiro modelo com valores em pontos equivalentes do segundo modelo. Como se pode verificar, as tensões resultantes do ensaio no arco principal e do ensaio no semi-arco lateral são inferiores ao limite de elasticidade (601 MPa). No ensaio de impacto lateral as tensões ultrapassam o limite de elasticidade, logo, neste ensaio a armadura deforma-se plasticamente, originando grandes deformações.

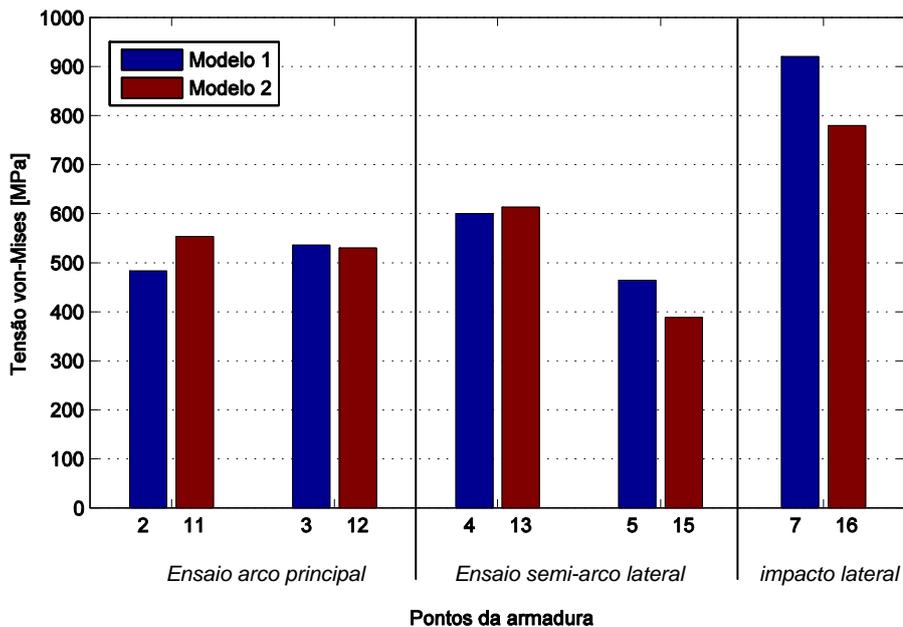


Figura 85 – Gráfico de tensão em vários pontos para os três ensaios nos dois modelos.

As figuras 86 e 87 servem para comparar, desta vez, valores de deformação e deslocamentos dos dois modelos.

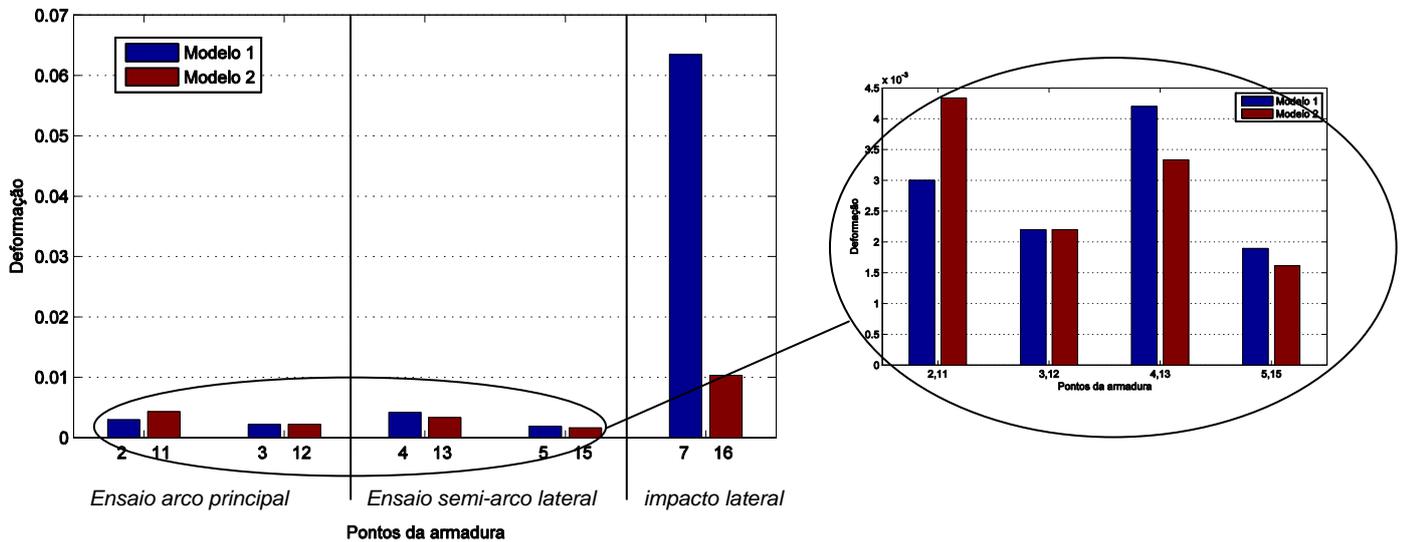


Figura 86 - Gráfico de deformação em vários pontos para os três ensaios nos dois modelos.

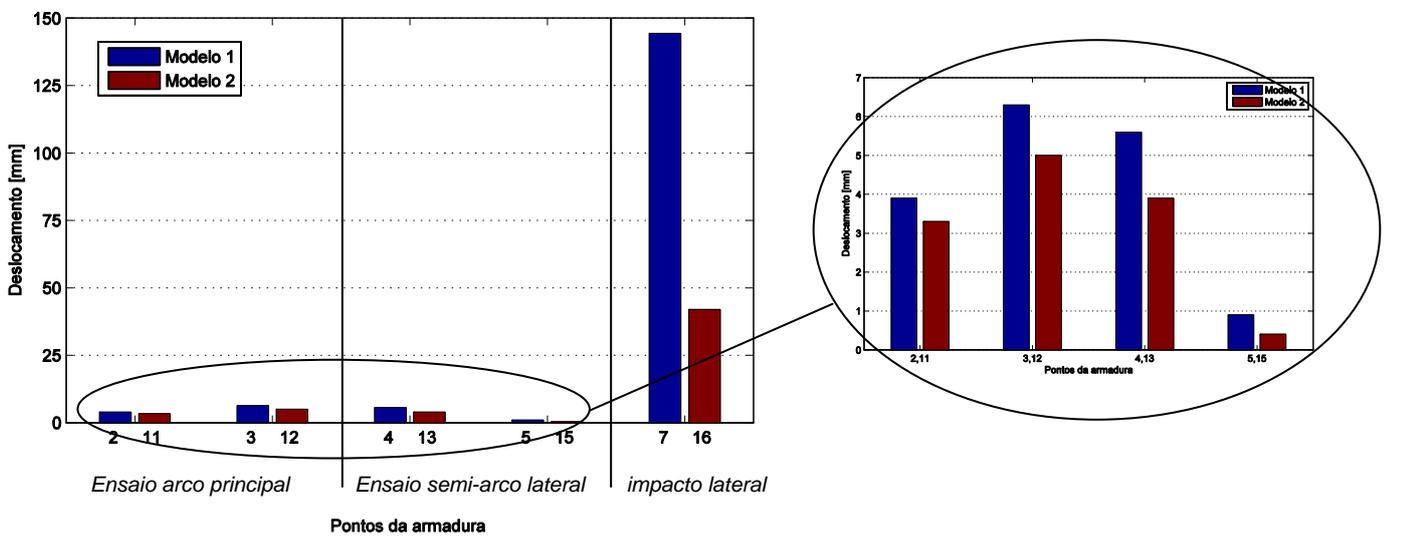


Figura 87 - Gráfico de deslocamento em vários pontos para os três ensaios nos dois modelos.

Verificam-se valores de deformações e deslocamentos muito superiores para o impacto lateral relativamente aos outros ensaios. Tal deve-se ao facto de no impacto lateral a força exercida sobre a armadura de segurança provocar tensões superiores ao limite elástico do material, provocando consequentemente deformações e deslocamentos elevados.

Em última análise e comparando os resultados de deslocamento máximo do ensaio de impacto lateral do modelo um e dois, 140.9 mm e 45.7 mm respectivamente, verifica-se que o modelo 2 é muito mais resistente do que o modelo 1, mas em contrapartida a massa total do modelo 2 é superior (+ 7.5 kg) do que o modelo 1. Ou seja, o modelo 2 possui 16% de massa a mais relativamente ao modelo 1. A aplicação do modelo 2 da armadura de segurança no automóvel poderá ser uma desvantagem em termos de performance do veículo, mas será uma mais-valia em termos de segurança.

Trabalhos futuros

Como continuação deste estudo poderiam ser efectuadas análises a outros modelos de armaduras com concepções diferentes e inovadoras.

A escolha de diferentes e novos materiais aquando da análise de um modelo também poderia ser de interesse para comparar soluções.

Um trabalho adicional seria a realização de testes dinâmicos em próximos estudos que seriam uma forma de relacionar velocidades de embate com deformações na estrutura.

Finalmente, um ponto de grande interesse e que merece atenção em trabalhos futuros é o estudo da influência na rigidez da estrutura do veículo, quando sujeito a torção com a implementação de uma armadura de segurança.

9. Referências

- Aluselect. 2001.** [Online] 2001. http://aluminium.matter.org.uk/aluselect/property_defs_all.asp.
- AutoCity. 2007.** [Online] 2007. http://www.forum-peugeot.com/Forum/forum-peugeot/Peugeot-308/Nouveautes-2/future-308-cc-sujet_21_1.htm.
- Bosch. 2008.** [Online] 2008. <http://www.bosch-esperience.com.pt/pt/language1/index.html>.
- Campbell, Colin. 1973.** *Design of racing sports cars*. London : Chapman and Hall, 1973.
- CarAdvice 2007.** [Online] 2007. <http://www.caradvice.com.au/3039/peugeot-308-diesel-hybrid/>.
- CarAdvice 2007.** [Online] 2007. <http://www.caradvice.com.au/5114/2008-peugeot-308-rc-z-sw-prologue-concepts/>.
- Carney, Dan. 2005.** Independent Days. *Racecar engineering*. 2005, Vol. 15 n.10.
- Costin, Michael e Phipps, David. 1965.** *Racing and sport cars chassis design*. London : B.T. Batsford, cop, 1965.
- Davim, J.P. 2004.** *Ensaaios mecânicos e tecnológicos*. Porto : Publindustria: Edições Técnicas, 2004.
- DGV. 2004.** Direcção Geral de Viação. [Online] 2004. http://www.dgv.pt/not_dest/4-Sistemas%20de%20retencao.pdf.
- Dodge. 2008.** Dodge Safety and Security. [Online] 2008. http://www.dodge.com/en/2008/nitro/safety_security/airbag_protection/.
- Dwoyer, D.L., Hussaini, M.Y. e Voigt, R.G. 1988.** *Finite elements : Theory and application*. New York : Springer - Verlag, cop., 1988.
- EuroNCAP. 2008.** EuroNCAP. [Online] 2008. <http://www.euroncap.com/testprocedures.aspx>.
- F1Classement. 2008.** [Online] 2008. http://www.f1classement.com/index.php?option=com_content&task=view&id=146&Itemid=58.
- FFSA. 2006.** Annexe J. *Fédération Francaise de Sport Automobile*. [Online] 2006. <http://www.ffsa.org/pratiquer/reglements2006/technique.pdf>.
- FFSA. 2008.** Annexe J art.253. *Fédération Francaise de Sport Automobile*. [Online] 2008. <http://www.ffsa.org/telctdc.php?id=1345&cat=docffsa>.
- ForumPeugeot. 2007.** [Online] 2007. http://www.forum-peugeot.com/Forum/forum-peugeot/Peugeot-308/Nouveautes-2/future-308-cc-sujet_21_1.htm.
- FPAK. 2007.** Anexo J art. 253. *Federação Portuguesa de Automobilismo e Karting*. 2007.
- Frère, Paul. 1973.** *The Racing Porsches*. London : Patrick Stephens, 1973.

- Gamobar. 2008.** [Online] 2008. <http://gamobar.rede.peugeot.pt/>.
- knivett, Peter. 2006.** The Leon King. *Racecar Engineering*. 2006, Vol. 16 n.8.
- Martins, Sandro. 2005.** Corpo de Bombeiros Militares de Santa Catarina. [Online] 2005. http://www.cb.sc.gov.br/ccb/dicas_seg/segtran.htm.
- MATBASE. 2007.** [Online] 2007. <http://www.matbase.com/material/ferrous-metals/cast-steel/gs-25crmo4/properties>.
- McKenzie, Graeme. 2007.** *Side Impact Crashworthiness of a World Rally Car Roll Cage*. Cranfield University : s.n., 2007.
- Memorabilia, MotorSport.** [Online]
<http://www.motorsportmemorabilia.co.uk/catalog/index.php?cPath=21>.
- Peters, George A. e Peters, Barbara J. 2002.** *Automotive vehicle safety*. Warrendale, PA : Society of Automotive Engineers, 2002.
- Peugeot. 2007.** Características das dimensões: Veículo Peugeot 308. 2007.
- QF. 2007.** qf lda. [Online] 2007. <http://www.qf-lda.pt/newsletter/geral-julho.html>.
- Sharp, Martin. 2006.** Long term impact. *Racecar engineering*. 2006, Vol. 16 n. 2.
- Smith, Carroll. 1985.** *Engineering to win : the essential guide to racing car materials*. London : Osprey, 1985.
- Thompson, Lonny L. 1998.** Design of a Winston Cup Chassis for Torsional Stiffness. s.l. : SAE, 1998.
- Troitsky, M.S. 1990.** *Tubular steel structures : theory and design*. Cleveland, OH : The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, 1990.
- Van Valkenburg, Paul. 2000.** *Race car engineering and mechanics*. Seal Beach, Ca : Edição do Autor, 2000.
- Wagstaff, Ian. 2007.** Horses for courses. *Racecar engineering*. 2007, Vol. 17 n.11.
- Warren, M. 2006.** German Car Scene. [Online] 2006. <http://germancarscene.com/2006/11/page/2/>.
- WCF. 2007.** World Car Fans. [Online] 2007. <http://www.worldcarfans.com/2070104.002/subaru-impreza-production-wrc-available-to-public-au>.

ANEXO A: Anexo J art. 253 - Equipamento de segurança FPAK

ANEXO "J" AO CÓDIGO DESPORTIVO INTERNACIONAL

ACTUALIZAÇÃO EM 16-12-2007

Art. 253 – EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA (GR. N, A, B e SP)

ARTIGO 1 – Um automóvel cuja construção pareça representar perigo poderá ser excluído pelos Comissários Desportivos.

ARTIGO 2 – Qualquer dispositivo facultativo deverá ser montado segundo o regulamento.

ARTIGO 3 – CANALIZAÇÕES E BOMBAS

3.1 – Protecção

Protecções dos tubos de combustível, óleo e canalizações do sistema de travagem, deverão ser previstas no exterior contra todo o risco de deterioração (corrosão, pedras, rotura mecânica, etc.), e no interior contra qualquer risco de incêndio e de deterioração.

Aplicação:

Facultativo para os Automóveis de Produção (Grupo N) caso a montagem de série seja mantida. Obrigatória para todos os Grupos, se a montagem de série não for mantida ou se as canalizações que passam no interior da viatura e as guarnições que os protegem, tiverem sido retiradas.

No caso das tubagens de combustível, as partes metálicas que estejam electricamente isoladas da carroçaria por peças que não conduzam a electricidade, devem ser "ligadas à massa".

3.2 – Especificações e Instalação

Aplicação obrigatória, caso a montagem de série não tenha sido mantida.

As canalizações de água de arrefecimento ou de óleo de lubrificação não podem passar no interior do habitáculo.

As montagens das canalizações de carburante, de óleo de lubrificação e das que contenham fluido hidráulico sob pressão, deverão ser fabricadas em conformidade com as especificações abaixo indicadas:

— Se forem flexíveis devem possuir conexões estanques aparafusadas, cravadas ou auto-obturantes e uma protecção exterior resistente à abrasão e ao fogo (não permitindo a combustão).

— Pressão de rebentamento mínima, medida a uma temperatura operacional mínima de:

— Canalizações de carburante (excepto as ligações aos injectores):

70 bar (1000 Psi) a 135 °C (250 °F).

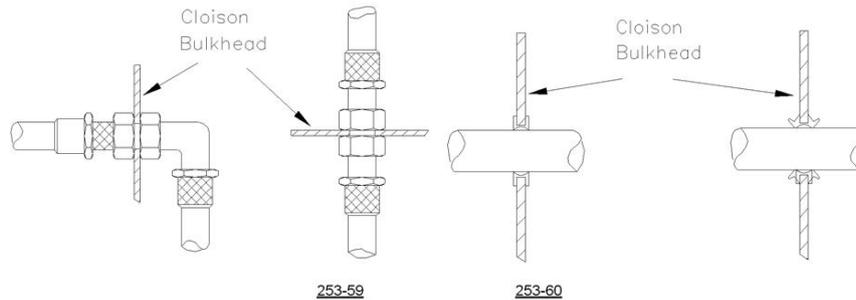
— Canalizações de óleo de lubrificação:

70 bar (1000 Psi) a 232°C (450°F).

— Canalizações contendo fluidos hidráulicos sob pressão:

280 bar (4000 Psi) a 232 °C (450 °F).

- Se a pressão de funcionamento de um sistema hidráulico é superior a 140 bar (2000 Psi), a pressão de rebentamento deve ser pelo menos duas vezes superior.
- As canalizações de gasolina ou de fluidos hidráulicos poderão passar pelo habitáculo, mas sem apresentarem emendas ou conexões, salvo junto às divisórias dianteira e traseira, segundo os desenhos 253-1 e 253-2, e com excepção do circuito de travagem e o circuito do líquido de embraiagem.



3.3 – CORTE AUTOMÁTICO DE COMBUSTÍVEL

Recomendado para todos os grupos:

Todas as canalizações de alimentação de carburante que se dirijam para o motor, deverão ter válvulas de corte automático, montadas directamente no reservatório de carburante e que fechem automaticamente todas as canalizações de carburante sob pressão, no caso de rotura ou fuga numa delas.

As canalizações deverão também conter um equipamento anti-rolamento actuado por gravidade.

Obrigatório:

Todas as bombas de carburante deverão funcionar apenas quando o motor está em funcionamento, exceptuando o momento de arranque.

3.4 – Respirador do reservatório de combustível

O tubo de respiro do reservatório de carburante até às válvulas abaixo indicadas, deverá ter as mesmas especificações que as canalizações de carburante (artigo 3.2) e deverá ser equipado com um sistema dotado dos seguintes elementos :

- Válvula anti-capotamento accionada por gravidade
- Válvula de respiro com flutuador
- Válvula de purga com taragem calibrada a 200mbar, que funcione quando a válvula com flutuador estiver fechada.

ARTIGO 4 – SEGURANÇA DE TRAVAGEM

Duplo circuito comandado pelo mesmo pedal: a acção deve exercer-se normalmente sobre todas as rodas; em caso de fuga ou falha de qualquer secção das tubagens, a acção do travão deverá continuar a exercer-se sobre, pelo menos, duas rodas.

Aplicação: Se este sistema já vier montado no automóvel produzido em série, não é necessária nenhuma modificação.

ARTIGO 5 – FIXAÇÕES SUPLEMENTARES

Pelo menos duas fixações suplementares para cada uma das tampas do motor e do Porta-bagagens, devendo as fixações originais estar inoperantes ou podendo ser suprimidas.

Os objectos essenciais transportados no interior do veículo (tais como a roda de reserva, estojo de ferramentas, etc.) devem estar solidamente fixos.

Aplicação: Facultativa para o Grupo N, obrigatória para todos os outros Grupos

ARTIGO 6 – CINTOS DE SEGURANÇA

6.1 – CINTOS:

Duas cintas nos ombros e uma abdominal. Pontos de fixação à carroçaria: dois para o abdominal, e dois (ou um simétrico) para os dos ombros.

Estes cintos devem obedecer às normas de homologação FIA 8853/98 ou 8854/98. Além disto, os sistemas de cintos a utilizar em circuito, devem estar equipados de um sistema de fecho por "fecho rotativo".

Para os Ralis, dois corta-cintos deverão estar permanentemente a bordo. Eles deverão ser facilmente acessíveis ao piloto e ao co-piloto, quando sentados nos seus lugares e com os cintos colocados.

No entanto, para competições em estrada aberta, este sistema deve ser substituído por fecho do tipo "botão de desbloqueamento".

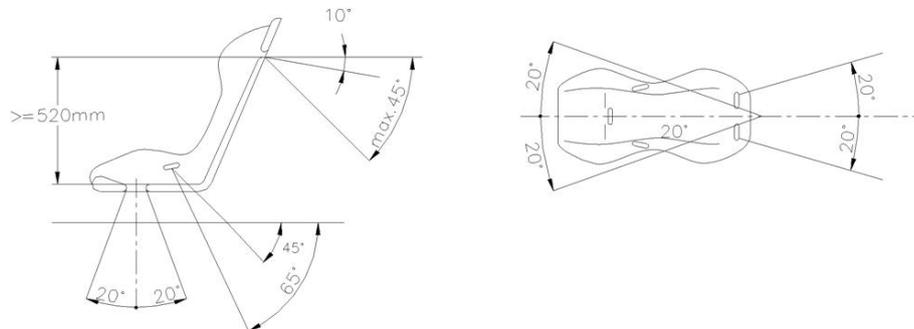
As ADN poderão homologar pontos de fixação, situados na armadura de segurança, quando esta for objecto de homologação (cf. Art. 253.8.4), sob a condição de estes pontos serem testados.

6.2 – Instalação

É proibido fixar os cintos aos bancos ou aos seus suportes.

Um cinto de segurança pode ser instalado nos pontos que o construtor destina a esse fim.

As localizações geométricas recomendadas para os pontos de fixação devem fazer-se como mostra o desenho 253-61.



253-61

Os cintos dorsais devem dirigir-se para trás e para baixo e não devem ser montados com ângulos superiores a 45° em relação à horizontal que passa pelo topo do assento, e é aconselhado não ultrapassar um ângulo de 10°. Os ângulos máximos, em relação ao eixo do banco, devem ser de 20° (divergente ou convergente).

Caso seja possível, deve ser mantido o ponto de fixação do cinto no montante C, previsto pelo construtor.

Pontos de fixação que envolvam ângulos maiores em relação ao plano horizontal não deverão ser utilizados, excepto se o banco for aprovado pela FIA.

Nesse caso, os cintos dorsais dos sistemas de 4 pontos, podem ser instalados nos pontos de fixação dos cintos abdominais dos bancos traseiros previstos pelo construtor.

Para um sistema de 4 pontos, os cintos dorsais devem cruzar-se simetricamente em relação ao eixo do banco da frente.

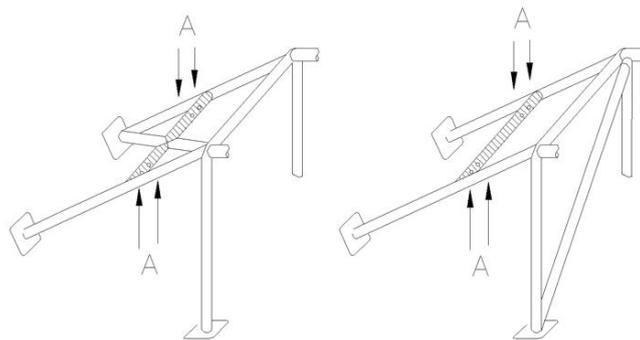
Um sistema de cintos não deve ser instalado com um banco sem apoio de cabeça ou com o apoio de cabeça integrado nas costas (sem abertura entre costas e apoio).

Os cintos abdominais e entre-pernas, não devem passar por cima dos lados do banco mas através dele, com o objectivo de contornar e apoiar a região pélvica na maior superfície possível. Os cintos abdominais devem adaptar-se o mais possível entre a zona pélvica e o ponto mais alto da coxa. Não devem apoiar a região abdominal. Para atingir este fim pode furar-se o banco de série.

Deve ainda evitar-se que os cintos toquem arestas vivas.

No caso de a montagem dos cintos dorsais ou entre-pernas ser impossível, devem instalar-se novos pontos de fixação, o mais perto possível do eixo traseiro, para os cintos dorsais. Caso isto não seja possível, os cintos dorsais poderão ser fixados ou apoiados numa barra transversal traseira, fixada ao arco de segurança ou aos pontos de fixação superiores dos cintos da frente.

Podem também ser fixados à armadura anti-capotamento ou à barra anti-aproximação (aumento de rigidez).



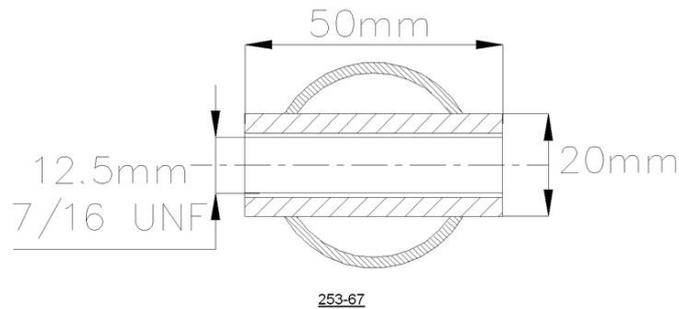
Ⓐ trous de montage pour harnais
mounting holes for harness

253-66

No caso da utilização de reforço transversal, esse deve ter a dimensão mínima de 38 x 2,5 mm ou 40 x 2,0 mm em aço carbono estirado a frio de resistência mínima à tracção de 350 N/mm².

A altura desse reforço deve ser tal, que os cintos dorsais sejam "guiados" para trás, com um ângulo compreendido entre 10° e 45° em relação à horizontal (desde o bordo superior do banco), recomendando-se um ângulo de 10°.

A fixação dos cintos, pode ser feita por volta do próprio cinto ou ainda por parafusos, mas neste caso, deve-se soldar um reforço, para cada ponto de parafuso (ver desenhos 253-17 C e 253-53 para as dimensões).



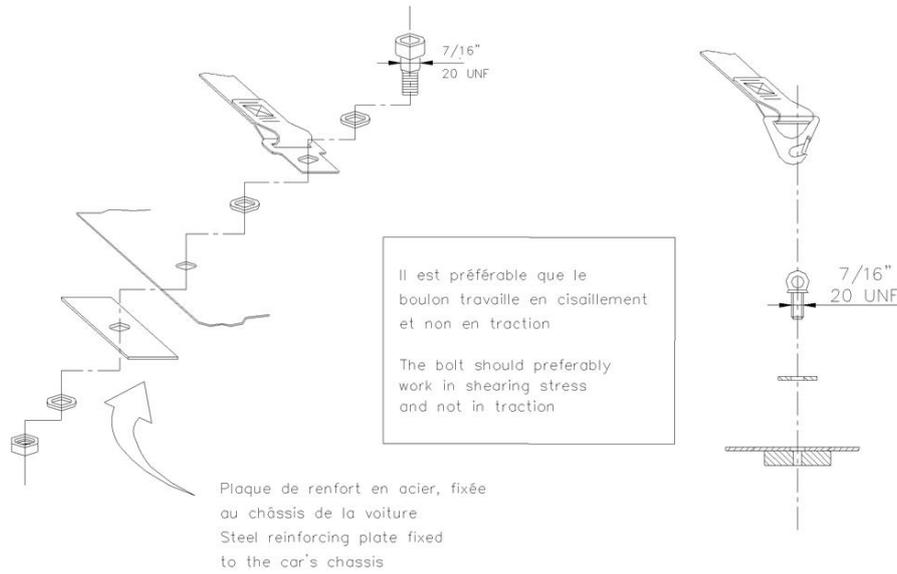
Estas peças serão aplicadas no reforço transversal e os cintos fixados com parafusos M 12 8.8 ou 7/16 UNF.

Cada ponto de fixação deve poder resistir a uma carga de 1470 daN ou 720 daN para os cintos de segurança entre-pernas.

No caso de um ponto de fixação para dois cintos, a carga considerada será a soma das cargas consideradas para cada novo ponto de fixação criado, e deverá ser usada uma placa de reforço de 3 mm de espessura e 40 cm² de área.

Princípios de fixação ao chassis / monocoque

1 — Sistema de fixação geral: ver desenho 253-62.

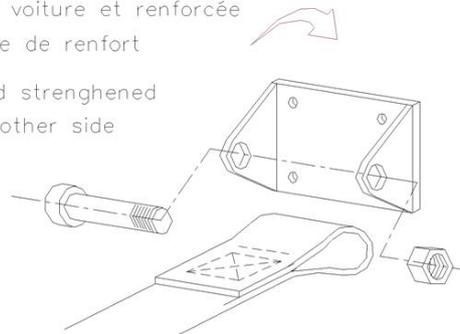


253-62

2 — Sistema de fixação para cintos dorsais: ver desenho 253-63.

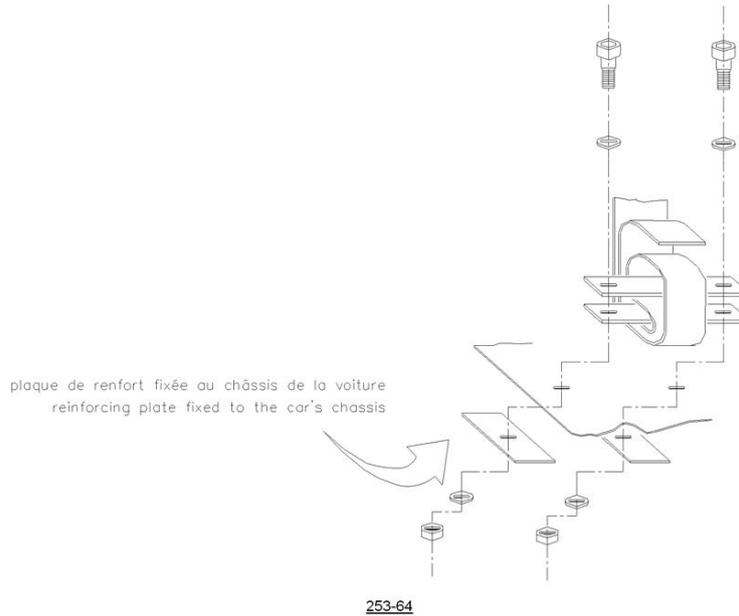
plaque fixée au châssis de la voiture et renforcée de l'autre côté par une plaque de renfort

plate fixed to the chassis and strengthened by a reinforced plate on the other side



253-63

3 — Sistema de fixação para cintos entre-pernas: ver desenho 253-64.



6.3 – Utilização

Um sistema de cintos de segurança deve ser usado conforme a homologação, sem modificações ou supressão de peças, em conformidade com as instruções do fabricante.

A eficácia e a duração dos cintos de segurança, está directamente ligada à maneira como são instalados, utilizados e conservados.

Os cintos de segurança devem ser substituídos após uma forte colisão.

É preciso substituir imediatamente os cintos, se eles forem cortados ou estiverem esgaçados ou ainda em caso de perda de qualidades por acção do sol ou produtos químicos.

É igualmente preciso substituir as partes metálicas ou fechos, caso estejam deformados ou corroídos.

Todos os sistemas de cintos que não se apresentem nas melhores condições, deverão ser substituídos.

ARTIGO 7 – EXTINTORES – SISTEMA DE EXTINÇÃO

A utilização dos seguintes produtos é proibida: BCF, NAF.

7.1 –

Em Rally:

Aplicam-se os artigos 7.2 e 7.3.

Em circuito, Slalom e rampas:

Aplicam-se os artigos 7.2 ou 7.3

7.2 – Sistemas instalados

7.2.1 – Cada viatura deve estar equipada com um sistema de extinção que figure na lista técnica n.º 16: "Sistemas de extinção homologados pela FIA"

7.2.2 – Cada botija de extintor deve estar protegida de maneira adequada e instalada dentro do habitáculo.

Em qualquer caso, as fixações devem poder suportar uma desaceleração de 25 g

Todo o sistema extintor deve ser à prova de fogo.

As canalizações em plástico são proibidas e as canalizações em metal obrigatórias.

7.2.3 – O piloto, sentado ao volante, com os cintos colocados, deve poder disparar normalmente todos os extintores.

Além disto, um dispositivo de disparo exterior deve ser combinado com o corta-circuitos ou colocado junto deste, e deve ser indicado por um símbolo **E** vermelho dentro de um círculo branco de 10 cm de diâmetro, com bordo vermelho.

Para os WRC, a activação do extintor do interior ou exterior da viatura, deverá obrigatoriamente accionar em simultâneo corte do motor e circuitos eléctricos

7.2.4 – Este sistema deve funcionar em qualquer posição da viatura.

7.2.5 – Os tubos de repartição do produto extintor, devem ser apropriados ao produto utilizado e não devem estar virados na direcção dos ocupantes.

7.3 – Extintores manuais

7.3.1 – Cada viatura deve estar equipada com um ou dois extintores.

7.3.2 – Agentes extintores autorizados: AFFF, FX G – TEC, Viro 3, pó ou qualquer outro agente homologado pela FIA.

7.3.3 – Quantidade mínima de agente extintor:

AFFF:	2,4 litros
FX G-TEC:	2,0 kg
Viro3	2,0 kg
Zero 360	2,0 kg
Pó	2,0 kg

7.3.4 – Todos os extintores devem ser pressurizados em função do conteúdo como segue:

AFFF:	conforme as instruções do fabricante
FX G-TEC e Viro3:	conforme as instruções do fabricante
Zero 360	conforme as instruções do fabricante
Pó	8 bar mínimo, 13,5 bar máximo

Além disto, no caso dos AFFF, os extintores devem estar equipados com um sistema que permita verificar a pressão do conteúdo.

7.3.5 – As informações seguintes devem figurar visivelmente em cada extintor:

- Capacidade
- Tipo de produto
- Peso ou volume do produto
- Data de verificação do extintor, que não deve ser superior a dois anos desde a carga inicial ou recargas seguintes.

7.3.6 – Cada botija de extintor deverá estar protegida de forma eficaz. Em qualquer caso, as suas fixações deverão ser capazes de resistir a uma desaceleração de 25 g.

Além disto, apenas serão aceites como fixação, as cintas metálicas de desengate rápido.

7.3.7 – Os extintores devem estar colocados ao alcance do piloto e do co-piloto.

ARTIGO 8 – ARMADURA DE SEGURANÇA

8.1 Generalidades

A montagem de uma armadura de segurança é obrigatória.

Ela pode ser:

- a) Construída de acordo com as exigências abaixo;
- b) Homologada ou certificada por uma ADN de acordo com o regulamento de homologação para armadura de segurança;
Deverá ser acompanhada de um documento aprovado pela ADN em questão.
- c) Homologada pela FIA de acordo com o regulamento de homologação para armadura de segurança.
- d) Ela deverá ser objecto de uma extensão da ficha de homologação da viatura homologada pela FIA.

Para as seguintes viaturas, a armadura de segurança deverá ser obrigatoriamente homologada pela FIA:

Variante Kit Super 1600, Variante Kit Super 2000, Variante Kit Super 2000 Rali, Variante World Rally Car.

Qualquer modificação de uma armadura homologada ou certificada é proibida.

É considerada como modificação qualquer operação efectuada na armadura, por maquinação, soldadura, que implique uma modificação permanente do material ou da estrutura da armadura.

Qualquer reparação de uma armadura de segurança homologada ou certificada, danificada como resultado de um acidente deverá ser efectuada pelo construtor da armadura ou com a sua aprovação.

Os tubos das armaduras de segurança não podem servir para veicular fluidos ou seja o que for.

As armaduras de segurança não devem dificultar a entrada e saída do piloto e do co-piloto.

Alguns elementos podem ocupar espaço reservado aos pilotos quando atravessam o tablier, os forros ou os bancos traseiros.

Os bancos traseiros podem ser rebatidos.

8.2 – Definições:

8.2.1 – Armação de segurança

Estrutura multitubular instalada no habitáculo o mais perto possível da coque e cuja função é a de limitar uma deformação significativa da coque (chassis) em caso de acidente.

8.2.2 – Arco de segurança

Estrutura tubular formando um arco, com dois pés de implantação.

8.2.3 – Arco Principal (desenho 253-1)

Arco tubular mono peça transversal e sensivelmente vertical situado transversalmente na viatura imediatamente atrás dos bancos dianteiros.

8.2.4 – Arco Dianteiro (desenho 253-1)

Idêntico ao arco principal, mas cuja forma segue os montantes do pára-brisas e o seu bordo superior.

8.2.5 – Arco Lateral (desenho 253-2)

Arco tubular mono peça, sensivelmente longitudinal e sensivelmente vertical situado do lado direito e do lado esquerdo da viatura, cujo montante dianteiro acompanha o montante do pára-brisas e o montante traseiro é sensivelmente vertical e situado imediatamente atrás dos bancos dianteiros.

8.2.6 - Semi-arco lateral (desenho 253-3)

Idêntico ao arco lateral, mas sem montante traseiro.

8.2.7 - Elemento longitudinal:

Tubo sensivelmente longitudinal que liga as partes superiores do arco dianteiro e do arco principal.

8.2.8 - Elemento transversal:

Tubo sensivelmente transversal que liga as partes superiores dos semi-arcos laterais ou dos arcos laterais.

8.2.9 – Elemento diagonal:

Tubo transversal que liga:

Um dos cantos superiores do arco principal, ou uma das extremidades do elemento transversal no caso de um arco lateral, ao pé de ancoramento inferior oposto do arco.

ou

A extremidade superior de um suporte traseiro ao pé de ancoragem inferior do outro suporte traseiro.

8.2.10 - Elemento removível:

Elementos de uma armadura que podem ser removidos.

8.2.11 – Reforços de Armadura:

Elementos acrescentados à armadura para melhorar a resistência.

8.2.12 – Pé de ancoramento:

Placa soldada à extremidade de um tubo de um arco que permite que ela seja aparafusada e/ou soldada à coque / chassis, geralmente sobre uma placa de reforço.

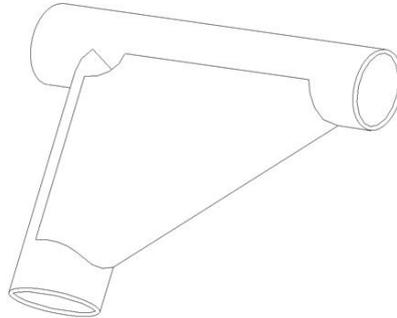
8.2.13 – Placa de reforço:

Placa metálica fixada à coque/chassis, sob um pé de ancoragem do arco, para melhor repartir as forças sobre a coque/chassis.

8.2.14 – Esquadro:

Reforço de canto ou de junção, em chapa dobrada em forma de U (desenho 253-34), cuja espessura não poderá ser inferior a 1,0 mm.

As extremidades destes reforços deverão estar situadas a uma distância entre 2 e 4 vezes o diâmetro do maior dos tubos abraçados, relativamente ao topo do ângulo de junção.



253-34

8.3 Especificações

8.3.1 – Estrutura de base

A estrutura de base deverá ser composta por uma das seguintes formas:

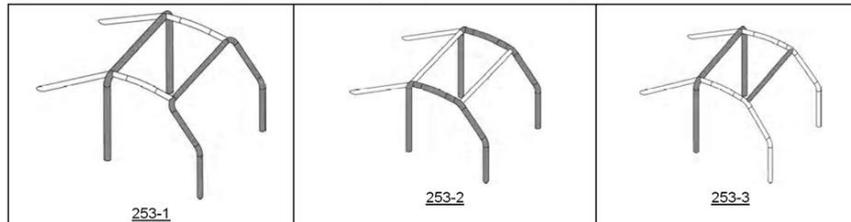
*1 arco principal + 1 arco dianteiro + 2 membros longitudinais + 2 membros de prolongamento traseiro + 6 pontos de fixação (desenho 253-1)

Ou

*2 arcos laterais + 2 membros longitudinais + 2 membros de prolongamento traseiro + 6 pontos de fixação (desenho 253-2)

Ou

*1 arco principal + 2 semi-arcos laterais + 1 membro transversal + 2 membros de prolongamento traseiro + 6 pontos de fixação (desenho 253-3)



A parte vertical do arco principal deverá estar tão perto do contorno interior da coque quanto possível.

O montante da frente de um arco dianteiro ou lateral deverá seguir o contorno do pára-brisas e não conter senão uma curva relativamente à sua parte vertical inferior.

As conexões dos membros transversais aos arcos laterais, as conexões dos membros longitudinais aos arcos dianteiro e principal, bem como as conexões de um semi-arco lateral ao arco principal deverão situar-se ao nível do tejadilho.

Em qualquer caso não deverá haver mais de quatro conexões desmontáveis ao nível do tejadilho.

Os membros de prolongamento traseiro devem ser fixados junto ao tejadilho e perto dos ângulos superiores exteriores do arco principal, dos dois lados da viatura, e eventualmente com conexões desmontáveis.

Elas deverão formar um ângulo de pelo menos 30° com a vertical dirigir-se para trás e ser rectilíneas, ficando o mais perto possível dos painéis laterais interiores da coque.

8.3.2 Concepção:

Uma vez a estrutura de base definida, ela deverá ser completada por elementos e reforços obrigatórios (ver artigo 253.8.3.2.1) aos quais podem ser acrescentados reforços facultativos (ver artigo 253.8.3.2.2).

8.3.2.1. Elementos e reforços obrigatórios

8.3.2.1.1. Elemento diagonal:

Viaturas homologadas até 01.01.2002:

A armadura deve comportar um dos elementos diagonais definidos nos desenhos 252-3, 253-4 e 253-5. A orientação da diagonal pode ser invertida.

No caso do desenho 253-6, a distancia entre as duas fixações à coque não deverá ser superior a 300mm.

Esses elementos devem ser rectilíneos e podem ser desmontáveis.

A extremidade superior da diagonal deve encontrar o arco principal a menos de 100mm da sua junção com os prolongamentos traseiros, ou os prolongamentos traseiros a menos de 100mm da junção com o arco principal. (ver desenho 253-52 para a medida)

A extremidade inferior da diagonal deve encontrar o arco principal a menos de 100mm do seu pé de fixação (excepto no caso do desenho 253-6).

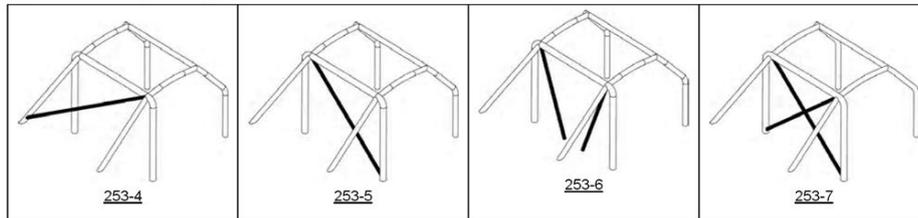
Viaturas homologadas após 01.01.2002.

A armadura deve comportar dois elementos diagonais no arco principal conforme o desenho 253-7.

Esses elementos devem ser rectilíneos e podem ser desmontáveis.

A extremidade inferior da diagonal deve encontrar o arco principal a menos de 100mm do seu pé de fixação (ver desenho 253-52 para a medida).

A extremidade superior da diagonal deve encontrar o arco principal a menos de 100mm da sua junção com os prolongamentos traseiros



8.3.2.1.2 Elementos das portas

Um ou mais elementos longitudinais devem ser montados de cada lado da viatura, de acordo com os desenhos 253-8, 253-9, 253-10 e 253-11 (253-9, 253-10, 253-11 para as viaturas homologadas após 01.01.2007).

Esses elementos podem ser desmontáveis.

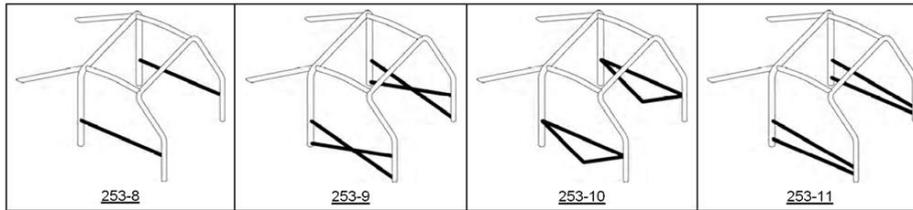
A protecção lateral deverá ser tão alta quanto possível, mas o seu ponto de fixação superior não deve ultrapassar a metade da altura da abertura da porta, quando medida desde a sua base.

Caso os pontos de ancoragem superiores se situem adiante ou atrás da abertura de porta, estas limitações da altura, são válidas para a zona da intersecção da barra com a abertura de porta.

No caso de uma protecção em "X" (desenho 253-9), recomenda-se que os pontos de ancoragem inferiores das barras sejam fixados directamente à barra longitudinal e que pelo menos um dos elementos do "X" seja uma peça inteiriça.

A conexão dos reforços das portas ao montante dos reforços de pára-brisas é autorizada (conforme desenho 253-15)

Para as competições sem co-piloto, as barras podem ser montadas unicamente do lado do piloto.



8.3.2.1.3 Reforço de tejadilho

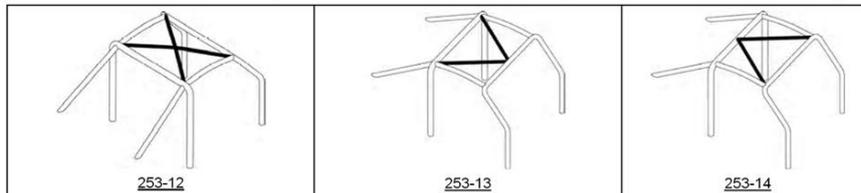
Unicamente para as viaturas homologadas após 01.01.2005

A parte superior da armadura de segurança deve estar conforme a um dos desenhos 253-12, 253-13 ou 253-14.

Estes reforços podem seguir a curvatura do tejadilho.

Para as competições com um piloto apenas, pode ser utilizada uma travessa única (conforme desenho 253-12), mas a sua ligação dianteira será obrigatoriamente do lado do piloto.

As extremidades dos reforços devem ficar a menos de 100mm das junções do arco principal com os outros elementos, excepto no caso do vértice do "V" (desenhos 253-13 e 253-14).



8.3.2.1.4 Reforço do montante do pára-brisas:

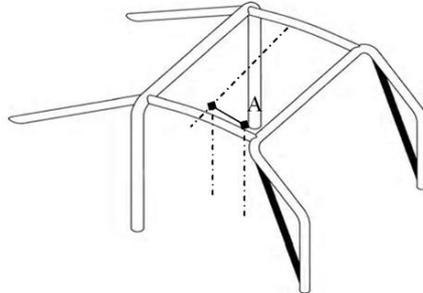
Apenas para as viaturas homologadas após 01.01.2006

Deverá ser montado de cada lado do arco dianteiro, no caso da dimensão "A" ser superior a 200mm (desenho 253-15).

Ele pode ser curvo, mas deverá ser rectilíneo quando visto lateralmente, e que o ângulo da sua curva não seja superior a 20°.

A sua junção superior deverá ficar a menos de 100mm da junção entre o arco dianteiro (lateral) e o elemento longitudinal (transversal) (ver desenho 253-52 para a medida).

A sua extremidade inferior deverá situar-se a menos de 100mm do pé de fixação (da frente) do arco dianteiro (lateral).



253-15

8.3.2.1.5 Reforços de ângulos e junções

Os reforços entre:

- Os elementos diagonais do arco principal
- Reforços de tejadilho (configuração do desenho 253-12 e unicamente para as viaturas homologadas após 01.01.2007)
- Os reforços de porta (configuração do desenho 253-9)
- Os reforços de porta e reforços do montante do pára-brisas (desenho 253-15) devem ser reforçados pelo menos por dois esquadros de acordo com o artigo 253.8.2.14.
- Caso os reforços de porta e o do montante do pára-brisas não se situem no mesmo plano, podem ser reforçados por placas metálicas soldadas desde que respeitem as dimensões indicadas no artigo 253-8.2.14.

8.3.2.1.6 Elementos e reforços facultativos

Excepto as outras indicações dadas no artigo 253-8.3.2.1 os elementos representados nos desenhos 253-12 até 253-21 e 253-23 até 253-33 são facultativos e podem ser instalados à vontade do construtor.

Deverão ser soldados ou instalados com conexões amovíveis.

Todos os reforços acima mencionados podem ser utilizados separadamente ou combinados entre si.

8.3.2.2.1 Reforços de tejadilho (desenhos 253-12 até 253-14)

Apenas facultativos para as viaturas homologadas até 01.01.2005.

Para as competições sem co-piloto, e apenas no caso do desenho 253-12, um só elemento diagonal pode ser utilizado, mas a sua conexão dianteira deverá ser do lado do piloto.

8.3.2.2.2 Reforço de montante do pára-brisas (desenho 253-15)

Apenas facultativos para as viaturas homologadas até 01.01.2006.

Ele pode ser curvo, mas deverá ser rectilíneo quando visto lateralmente, e que o ângulo da sua curva não seja superior a 20°.

8.3.2.2.3 Diagonais de prolongamentos longitudinais traseiros

A configuração do desenho 253-21 pode ser substituída pela do desenho 253-22, caso se utilize um reforço de tejadilho conforme desenho 253-14.

8.3.2.2.4 Pontos de ancoragem da suspensão dianteira (desenho 253-25)

As extensões deverão estar fixadas aos pontos de ancoragem superior da suspensão dianteira.

8.3.2.2.5 Elementos transversais (desenhos 253-26 até 253-30)

Os elementos transversais que integram o arco principal ou os prolongamentos traseiros podem ser utilizados para montar os cintos de segurança conforme Artigo 253-6.2.

Para os elementos representados nos desenhos 253-26 e 253-27 o ângulo entre o elemento central e a vertical deverá ser pelo menos de 30°.

O elemento transversal fixado ao arco dianteiro, não deverá estorvar o espaço reservado aos ocupantes.

Ele pode ser colocado o mais alto possível, mas o seu bordo inferior não poderá ultrapassar o ponto mais alto do tablier.

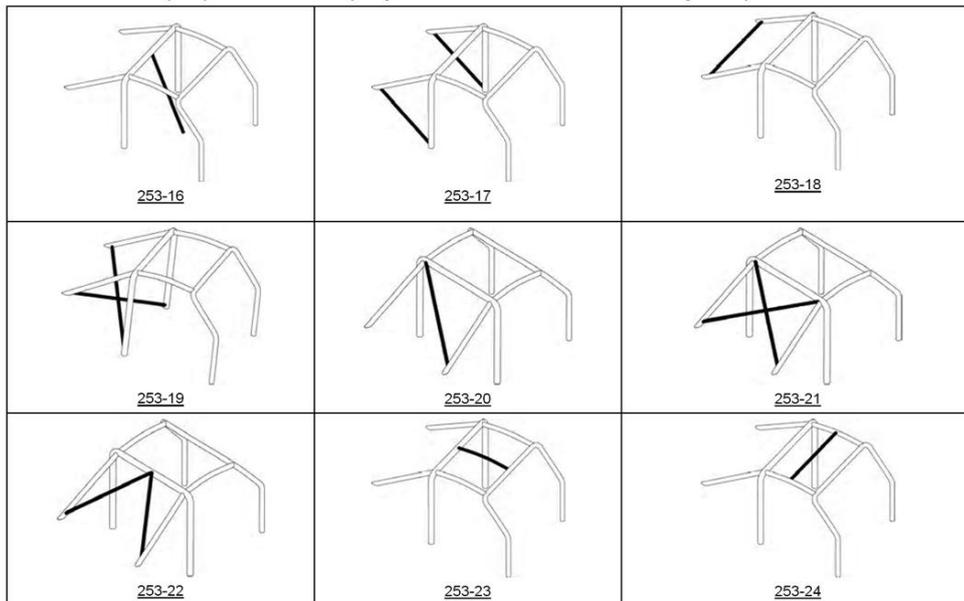
Para as viaturas homologadas após 01.01.2007, ele não poderá situar-se abaixo da coluna de direcção.

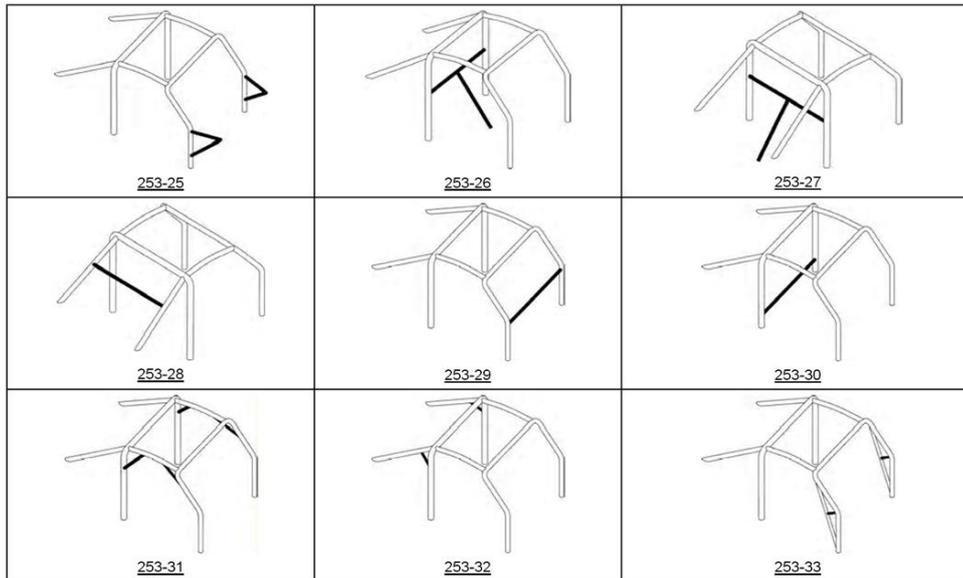
8.3.2.2.6 Reforços de ângulos ou de junções (desenhos 253-31 até 253-34)

Os reforços devem ser constituídos por tubos ou por chapas dobradas em "U" conforme o artigo 253-8.2.14.

A espessura dos elementos que compõem um reforço não deverá ser inferiores a 1,0 mm.

A extremidade dos reforços tubulares não se devem localizar nem mais baixo nem mais longe do que o meio dos elementos a que são fixados, excepto os que dizem respeito à junção do arco dianteiro que podem ir até à junção do elemento vertical /reforço de porta.



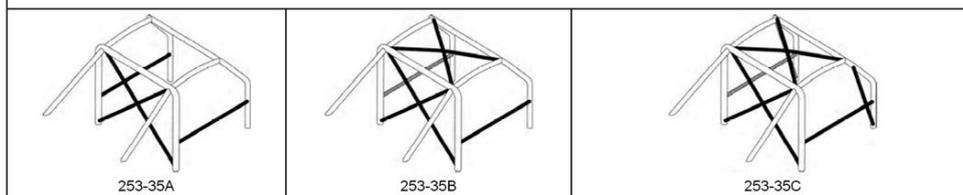


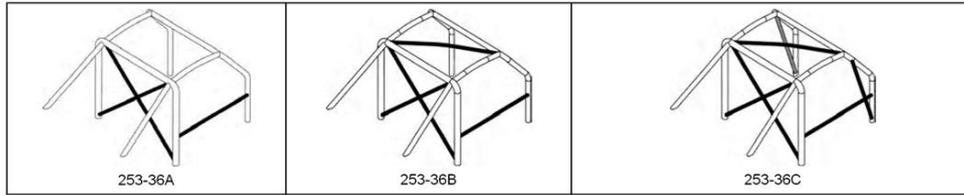
8.3.2.3 Configuração mínima da armadura de segurança :

A configuração mínima de uma armadura de segurança é definida da seguinte maneira:

Viaturas Homologadas	Piloto + co-piloto	Só com piloto
entre 01/01/2002 e 31/12/2004	Desenho 253-35A	Desenho 253-36A ou simétrico
entre 01/01/2005 e 31/12/2005	Desenho 253-35B	Desenho 253-36B ou simétrico
Após 01/01/2006	Desenho 253-35C	Desenho 253-36C ou simétrico

Os elementos de porta e os reforços de tejadilho podem ser diferentes, conforme dito nos artigos 253-8.3.2.1 e 252-8.3.1.3





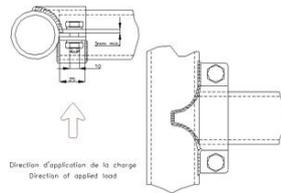
8.3.2.4 Elementos amovíveis:

Caso se utilizem elementos amovíveis na construção da armadura de segurança, as conexões desmontáveis devem ser conformes a um tipo aprovado pela FIA (desenhos 253-37 até 253-47).

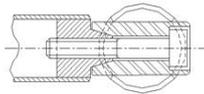
Após a montagem, não podem ser soldadas.

As porcas e parafusos deverão ser de qualidade mínima 8.8 (Norma ISO).

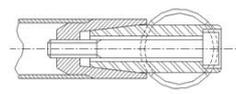
As conexões desmontáveis conforme os desenhos 253-37, 253-40, 253-43, 253-46 e 253-47 estão reservadas à aplicação de elementos e reforços facultativos descritos no artigo 253-8.3.2.2, e são proibidas para fazer a ligação das partes superiores do arco principal, do arco dianteiro, dos arcos laterais e dos semi-arcos laterais.



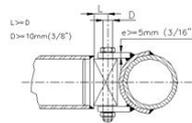
253-37



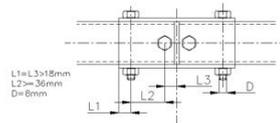
253-38



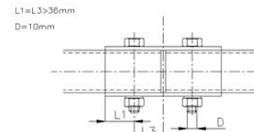
253-39



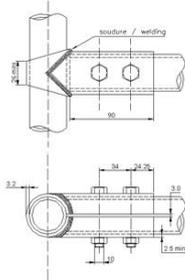
253-40



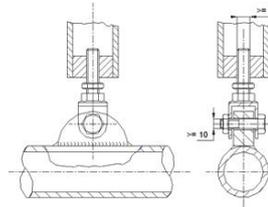
253-41



253-42



253-46



253-47

8.3.2.5 Obrigações suplementares:

As armaduras de segurança completas devem estar situadas, longitudinalmente, entre os pontos de ancoramento dianteiro e traseiro dos elementos de suspensão que suportam as cargas verticais (molas e amortecedores).

São autorizados os reforços suplementares que ultrapassem estes limites, entre a armadura de segurança e os pontos de ancoragem da barra de anti-torsão traseira.

Cada um destes pontos poderá ser ligado à armadura de segurança por um tubo único com 30x1,5mm.

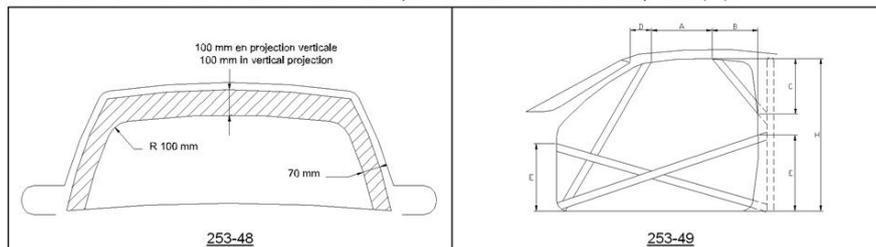
Para as viaturas homologadas após 01.01.2002:

Em projecção frontal, os reforços de ângulo e de junção dos ângulos superiores do arco dianteiro, devem ser unicamente visíveis através da superfície do pára-brisas descrita no desenho 253-48.

Para todas as armaduras de segurança das viaturas de “Super produção” e Super 2000” homologadas após 01.01.2000 e para todas as armaduras de segurança das viaturas de Rali homologadas após 01.01.2001:

A presença de elementos da armadura de segurança presentes dentro do perímetro da abertura da porta, deverão obedecer aos seguintes critérios (desenho 253-49):

- A dimensão “A” deverá ser de, no mínimo, 300mm
- A dimensão “B” deverá ser de, no máximo, 250mm
- A dimensão “C” deverá ser de, no máximo, 300mm
- A dimensão “D” medida a partir do bordo superior do pára-brisas, sem a junta, deverá ser de, no máximo, 100mm
- A dimensão “E” não deverá ser maior do que metade da altura da porta (H).



8.3.2.6 Fixação das armaduras de segurança à coque / chassis:

Os pontos de fixação mínimos são:

- Um para cada montante do arco principal
- Um para cada montante do arco dianteiro
- Um para cada montante do arco lateral ou semi-arcs laterais
- Um para cada montante dos prolongamentos traseiros

Para obter uma fixação eficaz à coque / chassis, os forros interiores de origem podem ser modificados junto à fixação dos arcos, por corte ou deformação.

Esta modificação não permitirá desmontar peças inteiras dos forros ou revestimentos.

Caso necessário, a caixa dos fusíveis pode ser deslocada para permitir a montagem da armadura de segurança.

Pontos de fixação do arco principal, arco dianteiro e dos arcos laterais ou semi-arcs laterais:

Cada ponto de fixação (ancoragem) deverá incluir uma placa de reforço de pelo menos 3 mm de espessura.

Cada ponto de fixação (pé) deverá ser fixado por pelo menos três parafusos a uma placa de reforço em aço, soldada à coque, com uma espessura mínima de 3 mm e uma superfície mínima de 120 cm².

Para as viaturas homologadas após 01.01.2007, a superfície de 120 cm² deverá ser a superfície de contacto entre a placa de reforço e a coque.

Exemplos de acordo com os desenhos 253-50 até 253-56.

Para os desenhos 253-50 e 253-52 a placa de reforço não tem necessariamente que estar soldada à coque.

Os parafusos de fixação deverão ter pelo menos o diâmetro M8 e uma qualidade mínima 8.8 (Norma ISSO).

As porcas deverão ser autoblocantes ou ter anilhas de pressão.

Pontos de fixação dos prolongamentos traseiros:

Cada prolongamento traseiro deverá ser fixado por pelo menos dois parafusos de qualidade M8 com pés de ancoragem com uma superfície de pelo menos 60 cm² (desenho 253-57), ou fixado por um parafuso em duplo esforço (desenho 253-58) desde que a sua secção seja adequada e que um casquilho seja soldado ao tubo do prolongamento traseiro.

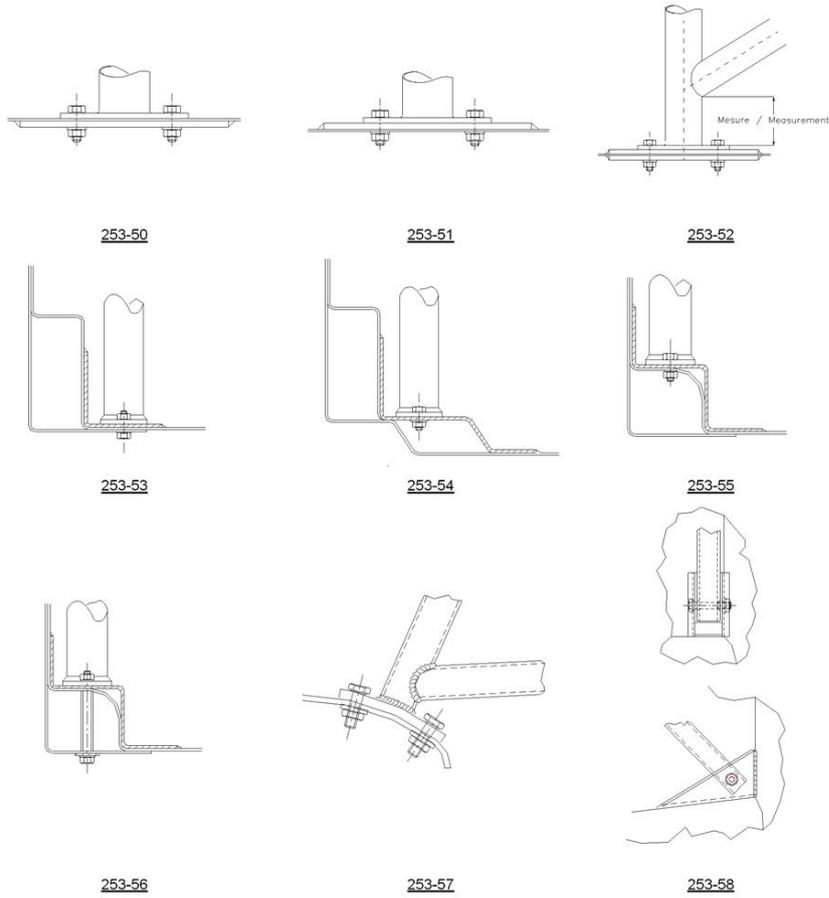
Estas exigências são mínimas

Para além disto, podem utilizar-se fixações suplementares, as placas de apoio aos pés de arco podem ser soldadas às placas de reforço, a armadura de segurança (tal como definida no artigo 253-8.3.1) pode ser soldada à coque / chassis.

Caso particular

Para as coque / chassis de outro material que o aço, qualquer soldadura é proibida entre a armadura e a coque / chassis, sendo apenas autorizada a colagem entre a placa de reforço e a coque / chassis.

Concepção de uma armadura de segurança para um automóvel de competição



8.3.3 Especificação dos materiais

Apenas serão aceitáveis os tubos de secção circular. Especificação dos tubos a utilizar:

Material	Resistência mínima à tracção	Dimensões Mínimas (mm)	Utilização
Aço carbono não de liga (ver abaixo) estirado a frio sem costura contendo no máximo 0.3 % de carbono	350 N/mm ²	45 x 2.5 (1.75"x0.095") ou 50 x 2.0 (2.0"x0.083")	Arco principal ou Arcos laterais Conforme a construção.
		38 x 2.5 (1.5"x0.095") ou 40 x 2.0 (1.6"x0.083")	Semi-arcs laterais e outros elementos da armadura de segurança (Salvo indicações contrárias noutros artigos abaixo)

Nota: Para um aço não de liga, o teor máximo dos elementos acrescentados será de 1,7% para o manganésio e de 0,6% para os outros elementos.

Quando se escolhe o aço, deverá ter-se atenção em obter boas qualidades de alongamento e uma correcta aptidão para a soldadura.

Os tubos deverão ser dobrados a frio, com um raio de curvatura medido relativamente ao eixo, de pelo menos três vezes o seu diâmetro.

Caso o tubo fique ovalizado após esta operação, a relação entre o diâmetro maior e o menor deverá ser de pelo menos 0,9.

A superfície ao nível das curvas deverá ser lisa e uniforme, e desprovida de ondulações ou fissuras.

8.3.4 Indicações para a soldadura:

A soldadura deverá ser feita em todo o perímetro de contacto dos tubos.

Todas as soldaduras deverão ser da melhor qualidade possível e de uma penetração total (de preferência soldadura sob protecção de gás).

Ainda que uma boa aparência exterior não seja necessariamente uma garantia de qualidade das soldaduras, as soldaduras com mau aspecto nunca são sinal de um bom trabalho.

Quando se utilizam aços tratados termicamente, as indicações especiais dos fabricantes deverão ser respeitadas (eléctrodos especiais e soldadura sob gás protector).

8.3.5 Forros de protecção.

Nos locais onde o corpo dos ocupantes possa contactar a armadura de segurança, devem ser colocadas protecções não inflamáveis.

Nos locais onde o capacete dos ocupantes possa contactar com a armadura de segurança, o forro deverá corresponder à Norma FIA 8857-2001 tipo A (ver lista técnica n.º 23 “ Forros homologados pela FIA para arcos de segurança”.

Aplicação: Para todas as categorias

ARTIGO 9 – RETROVISÃO

A visão para a retaguarda deve ser assegurada por dois retrovisores exteriores (um à esquerda e outro à direita da viatura). Podem ser utilizados os retrovisores de série. Cada retrovisor deve ter uma superfície reflectora de pelo menos 90 cm².

O retrovisor interior é facultativo.

Aplicação: obrigatória para os grupos N, Super 2000 Rali, A e B. Para Super Produção e ST ver o regulamento específico.

Um recorte no corpo do retrovisor (com a superfície máxima de 25cm² por cada retrovisor) é no entanto autorizado para a ventilação do habitáculo.

Aplicação: apenas em Rali, para os Grupos N, Super 2000 Rali e A.

ARTIGO 10 – ANEL DE REBOQUE

Deverá ser montado um anel de reboque à frente e outro atrás, para todas as provas. Este anel só será utilizado no caso de um automóvel que role livremente.

Este anel deverá estar claramente visível e pintado de amarelo, vermelho ou laranja.

ARTIGO 11 – PÁRA-BRISAS / REDES

Vidros

Os vidros devem ser certificados para utilização rodoviária, fazendo fé a respectiva marcação.

É obrigatório o pára-brisas constituído por vidro de segurança laminado.

Uma banda pára-sol é autorizada para o pára-brisas, desde que permita aos ocupantes ver a sinalização rodoviária (sinais de trânsito, semáforos, etc.).

A utilização de vidros escurecidos ou de películas de segurança é autorizada para os vidros laterais e traseiros. Nesse caso, uma pessoa situada a 5 metros da viatura, deve poder ver o piloto e o que se encontra no interior da viatura.

Em Ralis apenas:

A aplicação de películas anti-deflagrantes, transparentes e incolores nos vidros laterais e vidro do tecto de abrir é obrigatória, se eles não forem laminados ou se não estiverem neles aplicadas películas prateadas ou de cor. A espessura de tais películas não deverá ser superior a 100 microns.

A utilização de películas prateadas ou fumadas só é autorizada em Ralis, sobre os vidros laterais, o vidro do tecto de abrir e o vidro traseiro, na condição de que:

— Aberturas praticadas sobre tais películas permitam que do exterior, possam ser vistos os pilotos bem como o interior da viatura.

— Que o regulamento particular da prova mencione autorização para tal aplicação.

Aplicação: obrigatória para os grupos N, A e B. Para Super Produção ver o regulamento específico.

Redes

Para as provas em circuito, a utilização de redes fixadas à armadura de segurança é obrigatória.

Estas redes devem ter as características seguintes:

Largura mínima de cinta: 19 mm

Dimensão mínima das aberturas: 25 x 25 mm

Dimensão máxima das aberturas: 60 x 60 mm

e tapar a abertura da janela até ao centro do volante.

ARTIGO 12 – FIXAÇÕES DE SEGURANÇA PARA O PÁRA-BRISAS

Estas fixações podem ser utilizadas livremente.

Aplicação: Grupos N, A e B

ARTIGO 13 – CORTA-CIRCUITOS

O corta-circuitos geral deve desligar todos os circuitos eléctricos (bateria, alternador ou dínamo, luzes, avisadores, ignição, acessórios eléctricos, etc.) e deve igualmente parar o motor.

Para os motores DIESEL que não disponham de injectores com controlo electrónico, o corta-circuitos deverá estar acoplado a um sistema que impeça o abastecimento de ar ao motor.

Deve ser de modelo anti-deflagrante e poder ser manobrado quer do interior quer do exterior do automóvel.

No que respeita ao exterior, o comando do corta-circuitos estará obrigatoriamente no sopé de um dos montantes do pára-brisas, para os automóveis fechados.

Deve estar visivelmente assinalado por meio de um raio vermelho colocado num triângulo azul debruado a branco com, pelo menos, 12 cm de base.

Este comando exterior só diz respeito às viaturas fechadas.

Aplicação: montagem obrigatória para todos os automóveis em prova de circuitos ou rampas. Montagem recomendada para outros tipos de provas.

ARTIGO 14 – DEPÓSITOS DE SEGURANÇA APROVADOS PELA FIA

Quando um concorrente utiliza um depósito de segurança, este deve provir de um fabricante reconhecido pela FIA. Para obter o reconhecimento da FIA, os construtores deverão provar a manutenção da qualidade do seu produto e a sua conformidade com as especificações aprovadas pela FIA.

Os construtores de reservatórios aprovados pela FIA comprometem-se a apenas fornecer aos seus clientes os reservatórios correspondentes às normas aprovadas.

Deste modo, em cada reservatório fornecido deverá estar marcado o nome do construtor, as especificações precisas pelas quais esse reservatório foi construído, o número de homologação, a data de fim de validade e o número de série.

A marcação deve ser feita com tinta indelével e com um formato antecipadamente aprovado pela FIA de acordo com os standards aplicáveis.

14.1 – Especificações técnicas:

A FIA reserva-se o direito de aprovar qualquer outro conjunto de especificações técnicas após o estudo de documentação fornecida pelo ou pelos fabricantes interessados.

14.2 – Especificações FIA FT3 1999, FT3.5 ou FT5:

As especificações técnicas destes depósitos estão disponíveis junto do Secretariado da FIA, contra simples pedido.

14.3 – Envelhecimento dos depósitos de segurança

O envelhecimento dos depósitos flexíveis implica, além de 5 anos, uma diminuição notável das suas propriedades físicas. Por consequência, todo o depósito deve ser substituído por um novo, o mais tardar 5 anos depois da data de fabrico indicada no depósito, a não ser que tenha sido verificado e recertificado pelo seu construtor, por um período não superior a 2 anos.

14.4 – Aplicações destas especificações

As viaturas de Produção (Grupo N), de Turismo (Grupo A) e de Grande Turismo (Grupo B) podem ser equipadas com depósitos de segurança FT3 1999, FT3.5 ou FT5 desde que as modificações necessárias para a sua montagem não ultrapassem as permitidas pelo regulamento.

A utilização de espuma de segurança nos reservatórios FT3 1999, FT3.5 ou FT5 é recomendada.

14.5 – Reservatório com tubo de enchimento, Grupos A e N

Todas as viaturas equipadas com um reservatório com tubo de enchimento que atravesse o habitáculo deverão montar uma válvula anti-retorno homologada pela FIA. Esta válvula, do tipo "1 ou 2 batentes" deverá ser instalada no tubo de enchimento, do lado do reservatório. O tubo de enchimento é a peça que liga o bocal externo ao reservatório propriamente dito.

ARTIGO 15 – PROTECÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Um painel de protecção eficaz deve ser instalado entre o motor e o banco dos ocupantes para evitar a projecção directa de chamas em caso de incêndio.

No caso onde este painel seja constituído pelas costas dos bancos traseiros, aconselha-se o revestimento com material ignífugo.

ARTIGO 16 – BANCOS, FIXAÇÃO E SUPORTE DOS BANCOS

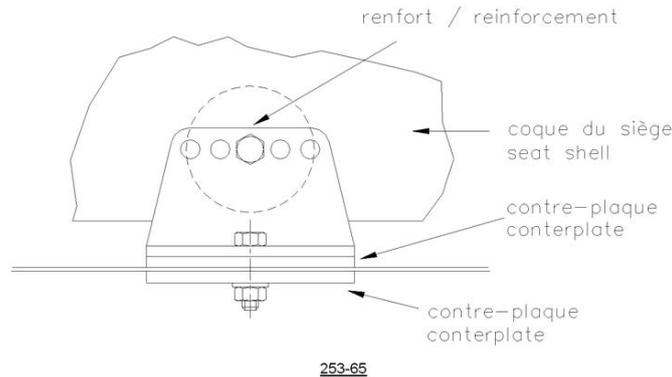
Se as fixações ou os suportes de origem são modificados, as novas peças devem ter sido produzidas por um fabricante aprovado pela FIA ou estar de acordo com as especificações seguintes:

- 1) Ancoragens para os suportes de fixação dos bancos:

Os suportes dos bancos devem ser fixados, seja:

- Nos pontos de fixação dos bancos previstos na viatura original
- Nos pontos de fixação Homologados pelo construtor em Variante-opção (neste caso os pontos originais podem ser suprimidos)
- Nos pontos de fixação que estejam conforme o desenho 253-65

Os suportes dos bancos deverão ser fixados às ancoragens para fixação dos bancos, com um mínimo de quatro pontos e quatro parafusos de 8 mm de diâmetro mínimo.



2) As fixações sobre a coque/chassis devem ser no mínimo de quatro por banco, utilizando parafusos de 8 mm de diâmetro mínimo com contra placas de acordo com o desenho 253-65.

A superfície mínima de contacto entre suporte, coque/chassis e placa de reforço é de 40 cm² por cada ponto de fixação.

3) Se forem utilizados sistemas de abertura rápida, estes devem poder resistir a forças horizontais e/ou verticais de 18000 N, não aplicadas simultaneamente. Se forem utilizadas calhas para acerto do banco, aquelas devem ser as fornecidas com a viatura de origem ou com o banco.

4) A fixação entre o banco e os suportes deve ser composta por 4 fixações, duas à frente e duas na parte traseira do banco, utilizando parafusos com o diâmetro mínimo de 8 mm e reforços integrados no próprio banco. Cada fixação deve poder resistir a uma carga de 15000 N em qualquer direcção.

5) A espessura mínima dos suportes e das placas de reforço (contra placas) é de 3 mm para o aço e de 5 mm para os materiais em ligas leves. A dimensão longitudinal mínima de cada suporte é de 6 cm.

6) No caso de utilização de uma almofada entre o banco homologado e o piloto, tal almofada apenas poderá ter uma espessura máxima de 50 mm.

Todos os bancos dos ocupantes devem ser homologados pela FIA (norma 8855/99) e não modificados.

Para os bancos fabricados de acordo com a Norma FIA 8855/99, o limite de utilização é de 5 anos, a partir da data de fabrico mencionada na etiqueta obrigatória.

Uma extensão de 2 anos pode ser concedida pelo fabricante, e referida numa etiqueta suplementar.

ARTIGO 17 – VÁLVULAS DE SOBREPRESSÃO

As válvulas de sobrepressão são interditas nas rodas.

ANEXO B: Ficha EuroNCAP - Peugeot 308

HOME
TESTS
ABOUT US
PRESS
FAQ



Pictures (4) | Films (3)

Peugeot 308

RATING	SCORE
ADULT OCCUPANT ★★★★★	35 Front: 14 Side: 16 Seatbelt reminder: 3 Pole: 2
CHILD OCCUPANT ★★★★★	39
PEDESTRIAN ★★★☆☆	19

DO YOU KNOW? Europeans travel three times more per day than 20 years ago
[Print this page](#)

TESTS

Latest results

Test results

- Supermini
- Small Family Car
- Large Family Car
- Executive
- Small MPV
- Large MPV
- Roadster sports
- Small Off-Road 4x4
- Large Off-Road 4x4

Test procedures

ESC Fitment

HOW SAFE IS YOUR CAR?

Choose below to begin your search

Class:

Make:

Search:

[View all results](#)

COMPARISON LIST

Add results to comparison list by clicking the ADD-button next to the result

Adult occupant protection



Frontal impact driver



Frontal impact passenger



Side impact driver

GOOD	ADEQUATE	MARGINAL	WEAK	POOR

Child restraints

18 month old Child Britax Römer Baby-Safe, rearward facing

3 year old Child Britax Römer Duo Universal, forward facing

Pedestrian protection



Pedestrian protection

GOOD	ADEQUATE	MARGINAL

Safety equipment

- Front seatbelt pretensioners
- Front seatbelt load limiters
- Driver frontal airbag
- Front passenger frontal airbag
- Side body airbags
- Side head airbags
- Driver knee airbag

Car details

- Tested model Peugeot 308 1.6 diesel 'Premium', LHD
- Body type 5 door hatchback
- Year of publication 2007
- Kerb weight 1322kg
- VIN from which rating applies Applies to all 308s

Comments

Front impact
The passenger compartment remained stable during the impact. The driver's knees were well protected by an airbag mounted in the lower dashboard. Peugeot showed that the airbag would also protect occupants who were larger or smaller than the dummy used in the test, and those sat in different seating positions. The passenger was well restrained and his knees did not get close to the dashboard.

Side impact
The 308 scored maximum points in the side impact and pole tests.

Child-protection
The passenger airbag can be disabled to allow a rearward facing child restraint to be used in that seating position. However, information provided to the driver regarding the status of the airbag is not clear. The presence of ISOFIX anchorages in the front passenger seat and the rear outboard seats was not clearly marked.

Pedestrian protection
The bumper scored maximum points for its protection of pedestrians' legs. Also, the protection offered by the bonnet to the head of a struck child was predominantly fair. However, protection of adults' heads was mostly poor.

EURO NCAP | 2, PLACE DU LUXEMBOURG, 1050 BRUSSELS, BELGIUM | +32 2 400 77 40 | +32 2 400 77 41
[CONTACT US](#)

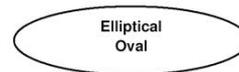
ANEXO C: Catálogo Tennant Metall (tubos)

Rohre / Tubes

1.7734.4/5 LN 9369 - 15CDV6 AIR 9160C

Abmessungen / Sizes

6 x 1,0
10 x 1,0
12 x 1,0
12 x 1,5
12 x 2,0
14 x 0,8
14 x 1,0
14 x 1,5
14 x 2,0
14 x 3,0
16 x 1,0
16 x 1,5
16 x 2,0
18 x 1,0
18 x 1,5
18 x 2,0
20 x 1,0
20 x 1,5
20 x 2,0
22 x 1,0
22 x 1,5
22 x 2,0
25 x 0,8
25 x 1,5
25 x 2,0
25 x 2,5
28 x 0,8
28 x 1,0
28 x 1,5
28 x 2,0
30 x 1,0
30 x 1,5
30 x 2,0
30 x 3,0
32 x 1,0
32 x 1,5
32 x 1,6
32 x 2,0
32 x 3,0
35 x 1,0
35 x 1,5
36 x 1,0
36 x 3,0
38,1 x 1,0
40 x 1,0
40 x 1,5
40 x 2,0
40 x 3,0
45 x 1,5
50 x 1,5
51 x 3,5
80 x 2,5



Mechanical Properties

Material	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation
25CrMo4 / 25CD4	min. 520 N/mm ²	min. 650 N/mm ²	12%
T 45	min. 620 N/mm ²	min. 700 N/mm ²	10%
1.7734 / 15CDV	min. 790 N/mm ²	min. 980 N/mm ²	10%
CRW 1000N	min. 790 N/mm ²	min. 980 N/mm ²	10%

ANEXO D: Certificado material

TEST CERTIFICATE

Our Ref. : 31650/03/1107
Customer PO : PO dtd 08.11.2007/24.01.2008
Our Inv. No. : 9485/01/08
Date of Issue : 25.01.2008
Covering : Tubes in material 25CrMo4

Material : Seamless Alloy Steel Tubes
Specification : DIN 2391-1
Grade : 25CrMo4
Quality : NBK

MECHANICAL PROPERTIES

Item	Dimensions	Cast No.	Hardness HB	Rp 0,2 % N/mm ²	Rm N/mm ²	Elong A 5%
01.	50 x 2,0 mm	524141		601	892	20,0

CHEMICAL COMPOSITION/CHEMICAL ANALYSIS

Item	Cast No.	C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo
01.	524141 24	0,27	0,73	0,290	0,007	0,016	1,07	0,25

Visual/Dimensional check : Satisfactory