INSTITUTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E GESTÃO INDUSTRIAL
INSTITUTE OF MECHANICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL MANAGEMENT

U.PORTO

Título do Relatório.

C5 ELÉCTRICO 13 795

Análise de viabilidade técnica e económica de execução do chassis traseiro em compósito.

motor de inovação
driving innovation

0 Controlo Documental

0.1 Identificação do Documento

Projecto	C5 ELÉCTRICO
Nome do Documento	Análise de viabilidade técnica e económica de execução do chassis traseiro em compósito
Nome do Ficheiro	C5ELÉCTRICO_20100111_CHASSI_INEGI_TM_001

0.2 Controlo de versões

Versão	Edição	Revisão	Data	Descrição	Aprovado por

0.3 Autor(es)

Nome	Iniciais
Tiago José Almeida Martins	TM

0.4 Revisor(es)

Nome	Iniciais
Maria José Marques	MJM

0.5 Lista de distribuição

Nome	Iniciais	Entidade
Nuno Correia	NC	INEGI
Maria José Marques	MJM	INEGI

ÍNDICE

1. Introdução 4
2. Caracterização do Chassis. 5
2.1 Forma, Dimensão e Materiais 5
2.2 Cargas Aplicadas 6
2.3 Selecção de Materiais e diferencial de pesos 6
3. Simulação Numérica 10
3.1 Chassis Original em Metal 10
3.2 Chassis em Compósito 11
Conclusões 12

1. Introdução

A realização deste relatório surge no seguimento de uma proposta efectuada ao INEGI para análise da viabilidade técnica e económica de execução do chassis traseiro em material compósito. Esta análise será realizada com recurso a modelos de simulação numérica das soluções desenvolvidas pelo INEGI.

Resumidamente, o trabalho incluirá algumas tarefas, tais como:

- Análise do modelo CAD recebido;
- Análise do peso da estrutura original.
- Desenvolvimento do conceito e criação do modelo CAD adaptado.
- Cálculo estrutural da geometria/materiais originais e output de esforços;
- Selecção de novos materiais;
- Compilação das condições fronteira;
- Cálculo estrutural da geometria original em material compósito e análise de esforços;
- Modelação de uma geometria optimizada em material compósito;
- Cálculo estrutural da geometria optimizada em material compósito,
- Realização de relatório técnico.

Pretende-se que, no final deste trabalho, existam dados conducentes à produção de um chassis em material compósito e que este cumpra os requisitos associados à segurança e funcionalidade. Pretende-se também conseguir um output em termos de vantagens:

- ✓ Reduzir o peso;
- ✓ Reduzir as assemblagens e tempo alocado às mesmas;
- ✓ Eliminar a colocação de isolamento térmico e acústico,
- ✓ Reduzir custo.

2. Caracterização do Chassis.

Iniciou-se o trabalho tendo por base com um ficheiro gravado, com um tamanho de 5,2 MB. A entrega do ficheiro ao INEGI ocorreu no dia 24-09-2010, tendo-se conseguido a sua reabertura sem problemas no SolidWorks.

2.1 Forma, Dimensão e Materiais

Na Figura 1 está ilustrada uma imagem do chassis original proposto para estudo e na Figura 2 uma imagem da estrutura do chassis sem as ferragens de suporte ao sistema de suspensão.
O chassis apresenta como dimensões de atravancamento os seguintes valores: 2386 mmx1804 mm x425 mm

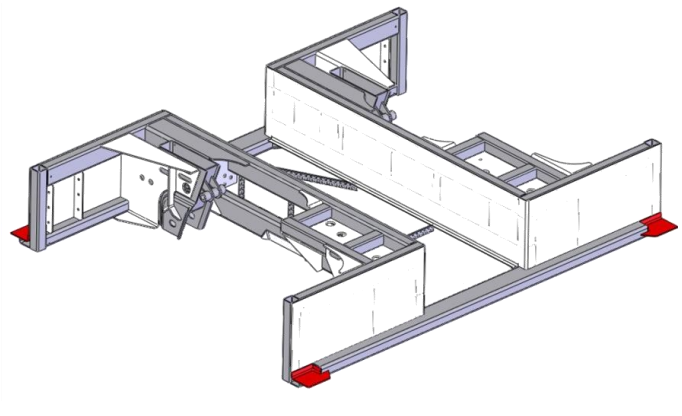

Figura 1 – Imagem da estrutura do chassis traseiro original.

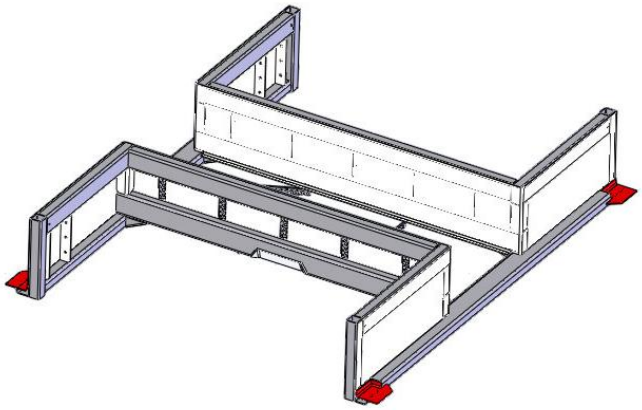

Figura 2 – Imagem da estrutura do chassis traseiro original sem sistema de suspensão.

2.2 Cargas Aplicadas

O chassis traseiro irá suportar metade do peso de todo o autocarro sendo que o chassis dianteiro suportará a outra metade. No próprio chassis toda a carga aplicada será distribuída de igual forma do lado esquerdo como do lado direito. De cada um dos lados por sua vez existem dois pontos onde é ancorado o sistema de mola de feixes onde as cargas serão aplicadas conforme mostra a ilustração na Figura 3.

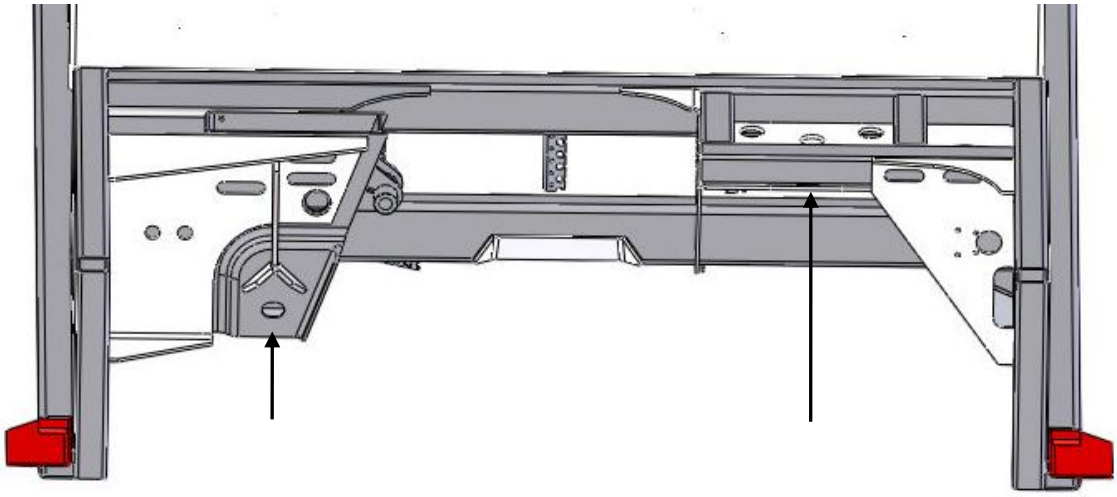

Figura 3 - Zonas de aplicação das cargas no semi-chassis traseiro

2.3 Selecção de Materiais e diferencial de pesos

O arranque do estudo efectuou-se com a elaboração da Tabela 2 para se adquirir sensibilidade quanto aos pesos envolvidos, função dos componentes e tipo de ligação entre eles. A compilação de elementos levou à necessidade de se estudar a viabilidade de substituir o máximo de elementos possível, sendo que para o efeito se irá trabalhar sobre uma estrutura em fibra de vidro (tecido 0°/90°).

As características dos materiais utilizados para simulação estão representadas na Tabela 1.

Material	Propriedades	
	Designação	**Valor**
G.F + Poliéster	Densidade	1350 kg/m^3
	Modulo Young	5,6 GPa
	Tensão Cedência	58 MPa

Tabela 2 – Características dos materiais utilizados na simulação estrutural.

Para iniciar o estudo do desenvolvimento conceptual das estruturas compósitas, seleccionou-se como base de trabalho uma parte do chassis e desenvolveu-se de acordo com o que seria mais

viável e exequível na conversão em compósito. Procurou-se converter o chassis para que englobasse o máximo das estruturas adjacentes, pois rentabiliza-se mais desta forma o investimento feito em moldes, matéria-prima e tecnologia necessária para a produção desta peça. Ficou também definido que a zona de interface entre o sistema de suspensão, que será mantido em aço, e os restantes componentes compósitos seria feita por chapas de grande área de forma a minimizar o efeito das concentrações de tensões. Estas chapas seriam depois aparafusadas tanto ao material compósito como à estrutura da suspensão.

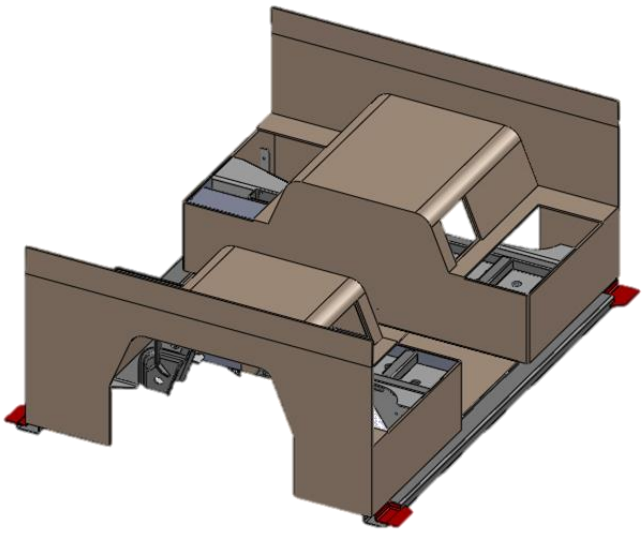

Figura 4 - Chassi em compósito, vista superior em 3D

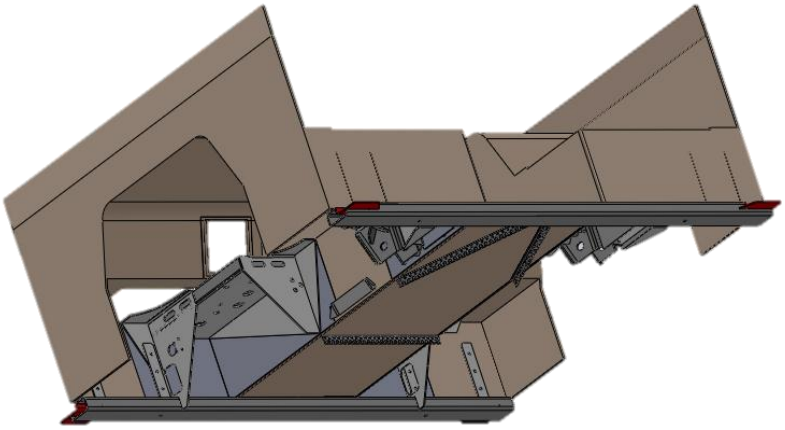

Figura 5 - Chassi em compósito, vista inferior em 3D

O chassis traseiro é totalmente constituído por elementos em aço soldado sendo que nalguns a estrutura base é executada em vigas de aço e também em chapa de aço, a Tabela 1 ilustra os diferentes elementos constituintes e suas características.

Componentes	Características				Peso por espécie (kg)	%
	Material Actualmente	Quantidade	Peso (kg)	Designação		
Chapa	Aço	2	31,12	BGT3138946(Standard)	62,24	16,22%
Viga	Aço	2	28,35	BGT3120710(Standard_ Wie bearbeitet_)	56,69	14,77%
Chapa1	Aço	4	0,89	BGT3170001(Standard)	3,55	0,92%
Viga2	Aço	1	3,49	BGT3131641(Standard)	3,49	0,91%
Viga3	Aço	4	8,96	BGT3120610	35,85	9,34%
Viga4	Aço	2	18,78	BGT3115701	37,56	9,79%
Viga5	Aço	2	21,73	BGT3116301	43,46	11,32%
Chapa2	Aço	8	0,56	BGT3175740(Standard)	4,46	1,16%
Chapa3	Aço	4	0,61	BGT3131841(Standard)	2,45	0,64%
Chapa4	Aço	10	0,10	BGT3172131(Standard)	1,03	0,27%
Canto	Aço	4	0,50	BGT3113454(Standard)	2,01	0,52%
Chapa5	Aço	3	0,54	BGT3172231(Standard)	1,61	0,42%
Chapa6	Aço	2	1,03	BGT3113554(Standard)	2,07	0,54%
Viga6	Aço	4	1,73	BGT3120061	6,92	1,80%
Viga7	Aço	2	4,78	BGT3116027	9,56	2,49%
Chapa7	Aço	2	3,98	BGT3131341	7,96	2,07%
Chapa8	Aço	2	9,24	BGT3132986	18,48	4,81%
Chapa9	Aço	2	3,15	BGT3131941	6,30	1,64%
Viga8	Aço	2	14,56	BGT3520014	29,12	7,59%
Chapa10	Aço	2	3,13	BGT3139846	6,26	1,63%
Chapa11	Aço	2	0,62	BGT3139946	1,24	0,32%
Chapa 12	Aço	2	0,15	BGT3139746	0,30	0,08%
Chapa13	Aço	2	0,83	BGT3139646	1,66	0,43%
Chapa14	Aço	2	9,70	BGT3131541	19,40	5,05%
Chapa15	Aço	2	10,06	BGT3130106	20,12	5,24%
TOTAL:		**74**	**179**		**383,80**	**100%**

Tabela 1 - Principais características dos componentes do chassis original

Assim, sendo possível eliminar alguns dos elementos em aço, obteve-se a Tabela 2 que ilustra os diferentes elementos constituintes e suas características para a versão da estrutura em compósito.

Componentes	Características				Peso por espécie	%
	Material	Quantidade	Peso (kg)	Designação		
Fibra	Glass Fiber + Poliester	1	117,59	Fibra	117,59	37,41%
Viga	Aço	2	28,35	BGT3120710(Standard_Wie bearbeitet_)	56,69	18,04%
Chapa1	Aço	4	0,89	BGT3170001(Standard)	3,55	1,13%
Chapa2	Aço	8	0,56	BGT3175740(Standard)	4,46	1,42%
Chapa4	Aço	10	0,10	BGT3172131(Standard)	1,03	0,33%
Chapa5	Aço	3	0,54	BGT3172231(Standard)	1,61	0,51%
Chapa6	Aço	2	1,03	BGT3113554(Standard)	2,07	0,66%
Viga6	Aço	4	1,73	BGT3120061	6,92	2,20%
Viga7	Aço	2	4,78	BGT3116027	9,56	3,04%
Chapa7	Aço	2	3,98	BGT3131341	7,96	2,53%
Chapa8	Aço	2	9,24	BGT3132986	18,48	5,88%
Chapa9	Aço	2	3,15	BGT3131941	6,30	2,00%
Viga8	Aço	2	14,56	BGT3520014	29,12	9,26%
Chapa10	Aço	2	3,13	BGT3139846	6,26	1,99%
Chapa11	Aço	2	0,62	BGT3139946	1,24	0,39%
Chapa 12	Aço	2	0,15	BGT3139746	0,30	0,10%
Chapa13	Aço	2	0,83	BGT3139646	1,66	0,53%
Chapa14	Aço	2	9,70	BGT3131541	19,40	6,17%
Chapa15	Aço	2	10,06	BGT3130106	20,12	6,40%
TOTAL:		**56**	**211**		**314,33**	**100%**

Tabela 2 - Principais características dos componentes do chassis em compósito

3. Simulação Numérica

3.1 Chassis Original em Metal

De forma a podermos ter um modelo de referência que nos forneça valores de tensões e deformações actualmente presentes no chassis, modelou-se o chassis com a geometria original considerando os seus materiais constituintes e as condições fronteira actuais. Para podermos agilizar os cálculos da simulação, só consideramos metade da estrutura, sendo que o modelo longitudinalmente é simétrico.

As condições de carga aplicadas foram, o peso próprio, a carga dos passageiros e as reacções nos apoios da mola de feixes, ver figura 5 A) e B).

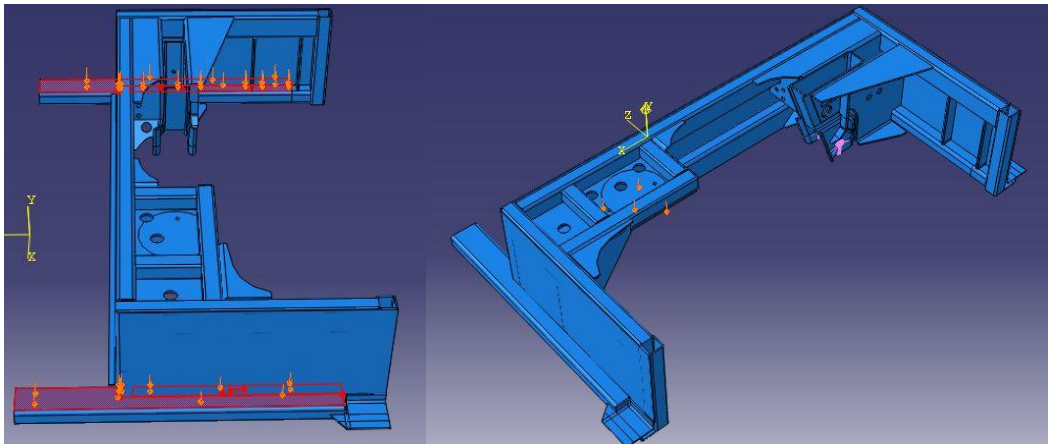

Figura 5 – As imagens A) e B) mostram a atribuição das cargas referentes, em A) ao peso dos passageiros, e em B) a laranja e a rosa os apoios da mola.

A discretização do modelo simétrico em elementos finitos gerou uma malha com as características mencionadas abaixo:

- Número de nós: 463 133
- Número de elementos: 153 6591

Para podermos agilizar os cálculos da simulação, só consideramos metade da estrutura, sendo que o modelo longitudinalmente é simétrico.

Resumindo, relativamente às cargas, considerou-se, o peso próprio, uma carga exercida pelos passageiros de um autocarro cheio e uma outra carga exercida pelas reacções nos apoios da mola

que suporta o autocarro. Como restrições estas aplicaram-se relativamente ao eixo de simetria restringindo segundo o eixo do xx, yy e zz assim como rotação em yy.

Após simulação, e analisando o resultado da tensão de deformação, a gama de valores apresentou-se entre os 8,3 MPa e os 100 MPa, ver Figura 6.

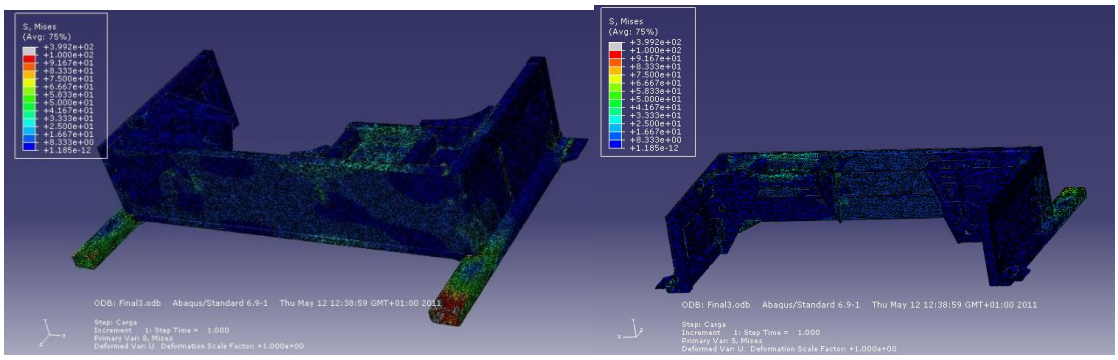

Figura 6 - Resultados da análise estrutural com a geometria original do chassis em metal, para a tensão de deformação (Von-Mises) unidades em MPa

Estes resultados constituirão doravante os requisitos que se exigirão à estrutura em material compósito, que será estudada para substituir a actual estrutura em material metálico.

3.2 Chassis em Compósito

As simulações efectuadas no âmbito deste capítulo vão basear-se num modelo 3D de meia estrutura do chassis figura 7, dimensionada com o objectivo de manter a estrutura original no que se refere ao sistema de suspensão e procurando criar um interface entre esta estrutura e a estrutura compósita.

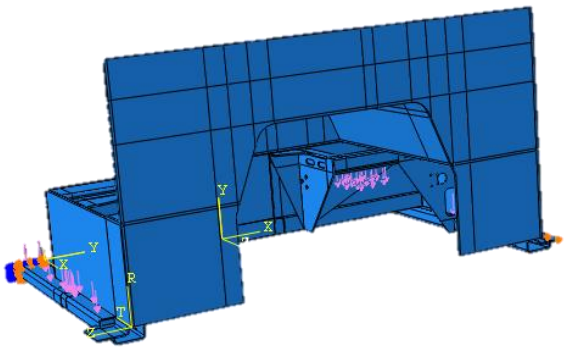

Figura 7 - Simulação para a estrutura compósita em fibra de vidro

À estrutura em material compósito foram atribuídas as mesmas condições fronteira que se aplicaram ao modelo original metálico assim como relativamente às cargas aplicadas ao modelo.

A discretização do modelo compósito em elementos finitos gerou uma malha com as características mencionadas abaixo:

- Número de nós: 718 970
- Número de elementos: 803 253

Após simulação, e analisando o resultado quanto à tensão de deformação, a gama de valores apresentou-se entre os 8.3 MPa e os 100 MPa, ver Figura 8.

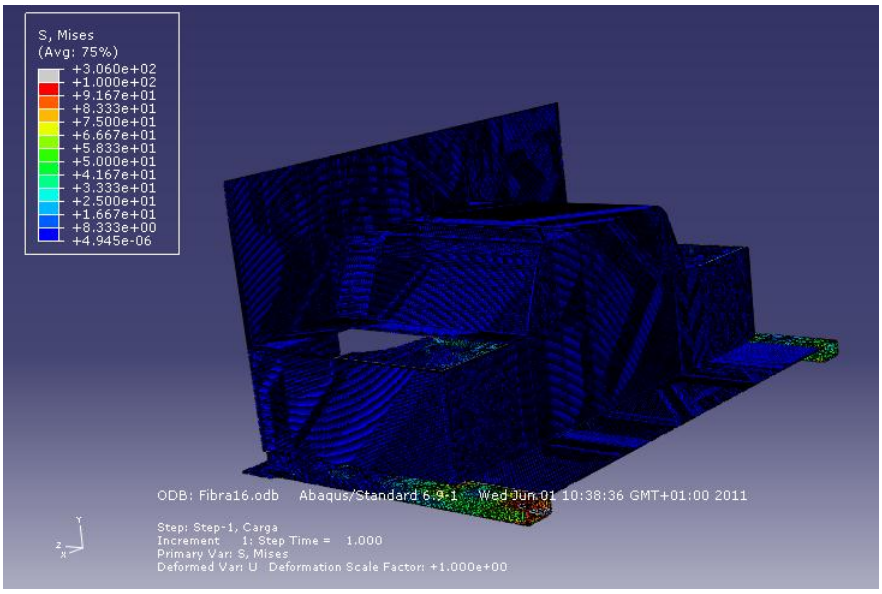

Figura 8 - Resultados da análise estrutural para a tensão de deformação (Von-Mises), com a geometria em compósito, unidades em MPa

Conclusões

Da análise dos resultados obtidos pode-se inferir que toda a estrutura sofrerá níveis de tensão bastante aceitáveis relativamente aos materiais que incorpora. Aparentando um sobredimensionamento tanto na estrutura original como na estrutura em compósito. É também notório o ganho em peso que se quantificou em 69kg, sendo que é bastante considerável para o peso total da estrutura reflectindo-se num "emagrecimento" de 18%. É também de salientar que a estrutura obtida em material compósito propõe-se ser mais que simplesmente um chassis, tendo sido a sua geometria estudada no sentido de englobar o piso da coxia do autocarro, paredes interiores e cavas das rodas. Este tipo de geometria reduzirá os gastos em recurso humanos e materiais, sendo que posteriormente a jusante se eliminarão os materiais de fixação, quer químicos quer mecânicos, e se reduzirá a intervenção humana na integração dos mesmos.