

Sistemas de Engenharia -  
Automação e Instrumentação

Grupo 1

2012/2013

<Cost Report>

<1.0>

Elaborado por: Ricardo Almeida

## Índice

Introdução .....	2
<i>Materials Table for Electric Cars</i> .....	3
<i>Electric Vehicle Cost Model</i> .....	4
<i>Abstract &amp; Terminology</i> .....	4
Battery .....	5
<i>Ultra-Capacitors</i> .....	5
<i>Battery Management</i> .....	6
<i>Electronic Control Unit</i> .....	6
<i>IMD and TSAL/TSAS</i> .....	7
<i>Motor</i> .....	7
<i>Motor Controller</i> .....	8
<i>PDU</i> .....	8
<i>LV-Battery</i> .....	8
<i>HV Wiring &amp; systems</i> .....	8
Análise de Sustentabilidade .....	9

## Introdução

Este relatório de custo e sustentabilidade consiste num *Bill Of Materials* (BOM) completo com os dados de custo derivados das tabelas de custo fornecidas e respetiva documentação de suporte.



## Materials Table for Electric Cars

Esta tabela apenas é válida para a competição *Formula Student UK 2012*. No momento da realização deste relatório ainda não tinham sido disponibilizadas as tabelas relativas à competição de 2013, por isso todos os valores para o custo e sustentabilidade apresentados neste documento são referentes à prova de 2012.

Na Figura 1 são apresentados em forma de tabela todos os materiais utilizados por nos para a parte de tração e controlo do veículo. Mais à frente serão descritos em pormenor cada um destes materiais.

Material	Supplier	Category	Price
Chassis Control Module, + Battery Management System ECU, student built	Any	Control Module	\$ 5.040,00
Chassis Control Module, Baseline Enclosure	Student built	Control Module	\$ 500,00
Chassis Control Module, + Isolation Monitoring Device	Student Built	Control Module	\$ 575,00
Chassis Control Module, + Power Distribution Module	Any	Control Module	\$ 300,00
Chassis Control Module, + TSAL	Any	Control Module	\$ 63,00
Chassis Control Module, + TSAS, buzzer	Any	Control Module	\$ 10,00
Chassis Control Module, + TSAS, buzzer	Any	Control Module	\$ 5,00
Chassis Control Module, + DCDC-Power (>1A) HV->LV	Any	Control Module	\$ 140,00
Chassis Control Module, + Motor Controller AC	Any	Control Module	\$ 1.800,00
Chassis Control Module, + HV Precharge	Any	Control Module	\$ 100,00
Chassis Control Module, + HV Housing	Any	Control Module	\$ 75,00
Chassis Control Module, + HC-HV Fuse incl. Box	Any	Control Module	\$ 200,00
Battery, Tractive Lithium	Any	Electronics	\$ 6.007,32
UltraCapacitor, Tractive	Any	Electronics	\$ 22,97
Motor, Tractive AC	Any	Engine	\$ 3.200,00
Battery, Advanced Chemistry (NiMH, Li-Ion, etc.)	Any	Electronics	\$ 52,26
		<b>Totals</b>	<b>18.090,55</b>

Figura 1 - Tabela de Materiais para o FS UK 2012

Esta tabela mostra um resumo de todos os materiais utilizados no nosso carro. O custo total estimado para o veículo será portanto de \$18.090,55.

## Electric Vehicle Cost Model

### Abstract & Terminology

De acordo com a Tabela 1 esta secção irá fornecer informações sobre como o sistema de tração do nosso carro será custeado. A Figura 2 mostra o esquema principal no nosso veículo elétrico.

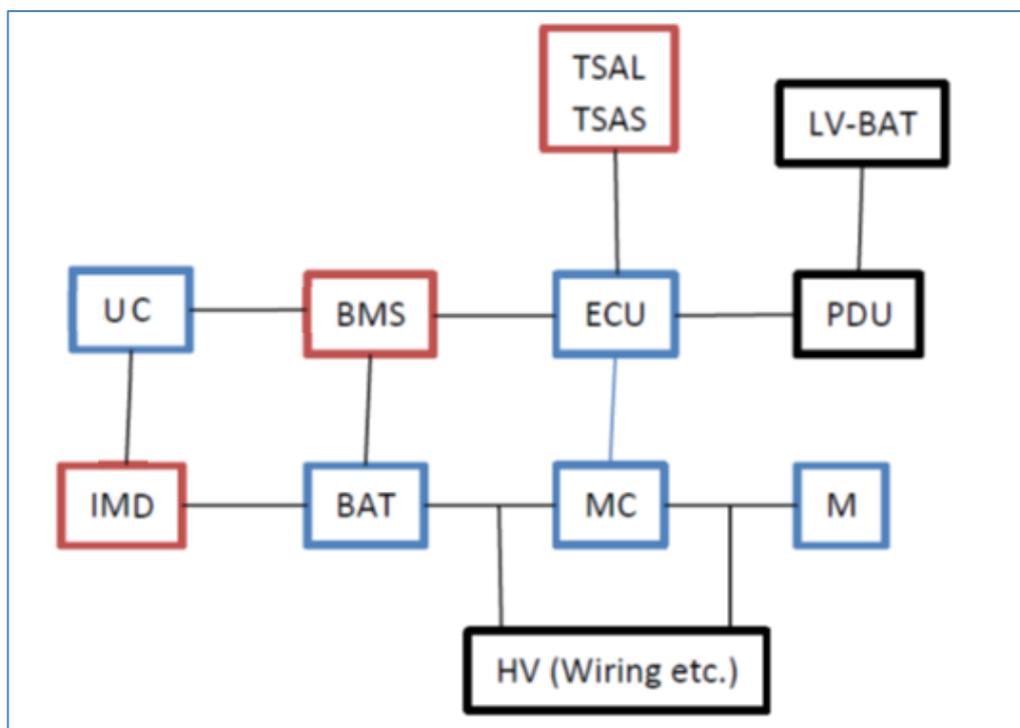


Figura 2- Modelo Simplificado de um Carro Elétrico de Competição

Tabela 1- Terminologia Utilizada

BAT – Tractive System Battery	M – Tractive Motor
BMS – Battery Management System	MC – Motor Controller
ECU – Electronic Control Unit	PDU – Power Distribution Unit TSAL...
HV – High Voltage, Wiring, etc...	TSAL – Tractive System Active Light
IMD – Isolation Monitoring Device	TSAS – Tractive System Active Sound
LV-BAT – Low Voltage Battery-	

## Battery

As baterias escolhidas pela nossa equipa foram as “Gebattery 8050175”, como se pode ver na Figura 3.



Figura 3 - Baterias

A bateria deste veículo consiste em 246x11Ah Células de Lítio, ligadas em série, mas divididas em três blocos. A capacidade total é:

$$3 \times 82 \times 11Ah \times 3,7 = 10,012 kWh$$

O que significa que vão custar:

$$\$600/kWh \times 10,02 kWh = \$6007,32$$

## Ultra-Capacitors

Os ultra-condensadores escolhidos pela nossa equipa foram os “XV3550-2R7307-R” da PowerStor, como se pode ver na Figura 4



Figura 4 - Ultra-condensadores PowerStor

Os condensadores utilizados têm uma capacidade máxima de 25,52Wh, o que se traduz num custo estimado de:

$$\$900/kWh \times 0,02552 kWh = \$22,97$$

## Battery Management

O BMS utilizado foi um “*BATTERY MANAGEMENT SYSTEM 7-R*” da REC, que pode ser visto na Figura 5



Figura 5 - Battery Management System (BMS)

Existe um sistema BMS para cada 14 células, que vai monitorizar as mesmas 14 células e possui, portanto, 14 canais de comunicação. No total vamos utilizar 18 sistemas BMS, o que se traduz num custo de:

$$18 \times \text{Chassis Control Module, baseline enclosure: } 18 \times \$25 = \$450$$

$$18 \times \text{Chassis Control Module} + \text{BMS (14 ch): } \$20 \times 14 \times 18 = \$5040$$

## Electronic Control Unit

O nosso carro utiliza uma ECU construída pela nossa equipa, o que a torna como sendo um *Student Built System*, o que faz com que tenha um custo de \$500.

### *IMD and TSAL/TSAS*

Estas partes foram agrupadas num único dispositivo, o que faz com que tenha o seguinte custo:

<i>Chassis Control Module, baseline enclosure:</i>	\$25
<i>Chassis Control Module + IMD:</i>	\$300
<i>Chassis Control Module + PDU (4ch):</i>	\$28
<i>Chassis Control Module + TSAL:</i>	\$10
<i>Chassis Control Module + TSAS, buzzer:</i>	\$5
<i>Chassis Control Module + HV housing:</i>	\$25

### *Motor*

O Motor escolhido pela nossa equipa foi um motor síncrono de ímanes permanentes da marca *EMRAX*, como se pode observar na Figura 6.



**Figura 6 - Motor PMSM EMRAX**

O carro tem apenas um motor AC, que está tabelado como tendo 40kW de potência contínua. Este motor vai custar:

$$1 \times \text{Motor, Tractive AC: } 40 \times \$80 = \$3200$$



### Motor Controller

O carro utiliza um controlador que se encontra tabelado como tendo 40kW de potência, o que se traduz num custo de:

1 × Chassis Control Module, baseline enclosure:	\$25
1 × Chassis Control Module + Motor Controller AC: 40 × 45 =	\$1800
1 × Chassis Control Module + HV housing:	\$25

### PDU

O PDU é um dispositivo autónomo (*stand-alone device*) que atua como uma caixa de fusíveis eletrónicos e fornece a ECU e mais quatro sistemas com tensão. Isto tem um custo de:

Chassis Control Module, baseline enclosure:	\$25
Chassis Control Module + PDU (5ch):	\$35

### LV-Battery

A bateria de baixa tensão é um pacote de baterias de *LiPo* de 14,8V, que pesa cerca de 0,804Kg, o que faz com que tenha um custo estimado de:

$$\text{Battery, advance Chemistry: } \$65/\text{Kg} \times 0,804\text{Kg} = \$52,26$$

### HV Wiring & systems

Esta parte é constituída pelos suportes para as baterias e ultra-condensadores, pelo circuito de pré-carga e pelo fusível alta tensão. Isto tem um custo de:

Chassis Control Module, baseline enclosure:	\$25
Chassis Control Module + HV Fuse:	\$100
Chassis Control Module + HV Precharge:	\$50



## Análise de Sustentabilidade

Para a análise de sustentabilidade foram seguidas as diretrizes para o CO<sub>2</sub> incorporado (*embodied CO<sub>2</sub>*) do evento FS2012. Os valores

A Figura 7 representa a energia específica e o CO<sub>2</sub> incorporado com base na massa dos materiais de separação de um motor. Para simplificar o processo de avaliação do impacto ambiental do motor, foi feita uma separação genérica de materiais típicos de um motor, que foi utilizada para calcular a energia específica e CO<sub>2</sub> incorporado.

	Material	Material	Unit		
Material	MJ/kg	CO <sub>2</sub> /kg	Mass	Specific Energy (MJ)	Co <sub>2</sub> (kg)
			kg		
Motor Weight (excluding ancillaries)			12,4		
Motor	48,76	2,909	12,4	604,624	36,072
		Total		604,624	36,072

Figura 7- *Specific Energy e Embodied CO<sub>2</sub> de um Motor Elétrico*

O nosso motor tem uma massa total de cerca de 12,4Kg, o que faz com que tenha 604,624MJ de energia específica e 36,072Kg de CO<sub>2</sub> incorporado.

Para as baterias e ultra-condensadores foi feita uma análise semelhante, como se pode ver na Figura 8. O peso total de baterias que vamos utilizar no carro é de cerca de 49Kg, o que significa que as baterias têm uma energia específica de 7350MJ e 490Kg de CO<sub>2</sub> incorporado. Por sua vez irão ser utilizados cerca de 6,94Kg de ultra-condensadores, o que origina um valor de 1388MJ para a energia específica e 13,88Kg de CO<sub>2</sub> incorporado.

Uma vez que o nosso protótipo ainda se encontra em fase de projeto previmos que sejam utilizados cerca de 0,5Kg de material em placas impressas PCB, este valor apenas serve de referência.



**Formula Student 2012 Sustainability Event Materials List - V1**

Material	Category	Comments	Datasheet Name	Embodied Energy MJ/kg	Embodied CO2 (kg)	Total Weight (kg)	Total Energy (MJ)	Total CO2 (kg)	
Battery - UltraCapaitors	Component			200,0	2,0	6,94	1388,000	13,880	
Battery - Lead-Acid rechargeable	Component		(Web survey, non-Granta Design data)	50,0	2,5	0,0	0,000	0,000	
Battery - Li Ion rechargeable	Component	Use for all Lithium chemistry batteries (Li Ion, LiPo, LiFePO4)	Based on Thunder-Sky, LiFeBatt battery & Kokam average data	150,0	10,0	49,00	7350,000	490,000	
Battery - NiCd rechargeable	Component		Batteries (NiCd rechargeable)	200,0	20,0	0,0	0,000	0,000	
PCB	Component	Generic printed circuit board, ECU etc	Printed Circuit Board (PCB) Assembly	130,0	13	0,5	65,000	6,500	
						<b>Totals</b>	<b>56,44</b>	<b>8803,00</b>	<b>510,38</b>

Figura 8 - *Specific Energy e Embodied CO2* para as Baterias e Ultra-condensadores

Somando todos estes valores chegamos à tabela da Figura 9. Esta tabela apresenta o resumo do impacto ambiental resultante da fabricação do nosso carro. Estes valores apenas são apenas simbólicos, sendo apenas referentes ao motor, baterias, ultra-condensadores e circuitos eletrónicos. Na realidade era preciso considerar muitas mais partes do carro.

<b>Summary Specific Energy and Co2 FS UK Sustainability</b>			
	Weight	Specific Energy	Co2
Motor	12,4	604,624	36,0716
Battery	56,44	8803	510,38
PCB	0,5	65	6,5
<b>Totals</b>	<b>69,34</b>	<b>9472,624</b>	<b>552,952</b>

Figura 9 - Tabela Resumo para a *Specific Energy e Embodied CO2*

O peso total destes componentes vai ser de 69,34Kg, o que faz com que o nosso carro tenha 9472,24MJ de energia específica e 552,952Kg de CO2 incorporado.