

Sistemas de Engenharia -
Automação e Instrumentação

Grupo 1

2012/2013

Regulamento e Regras da Competição

<versão 1.0>

Elaborado por: Afonso Lopes

Rui Marcelino

Índice

Introdução	3
Regras Administrativas	4
Provas Estacionárias	4
Prova de Apresentação.....	4
Prova Design de Engenharia	6
Prova de Análise de Custo.....	7
Provas Dinâmicas.....	9
Prova de Aceleração.....	10
Prova de Skid Pad	10
Prova de AutoCross	11
Prova de Resistência	12
Prova de Eficiência	13
Requisitos técnicos gerais.....	14
Requisitos técnicos para veículos eléctricos	15
Definições.....	15
Drive Train Eléctrico	16
Sistema de Armazenamento de energia – IC4.4	16
Bibliografia.....	17

Introdução

A competição Formula Student SAE® desafia equipas constituídas por estudantes universitários a criar e desenvolver pequenos protótipos de veículos do estilo formula.

No que respeita à concepção do veículo, são dadas poucas restrições por forma a dar a oportunidade às equipas de exibirem os seus conhecimentos de engenharia.

A competição não permite a construção de veículos híbridos.

É necessário de acordo com o regulamento criar dois cargos, a introduzir no manual de qualidade. “Electrical system officer” e “Electric System Advisor”.

A tensão máxima admitida é designada por competição.

É obrigatório apresentar um formulário detalhado completo de todo o sistema elétrico e de tracção.

Depois de o veículo estar contruído e devidamente testado, segue-se a procura pela comercialização do produto. Ou seja, vender o projecto concebido a uma empresa que pretenda produzir em série o veículo e comercializa-lo de forma rentável.

Os veículos da competição são contruídos totalmente pelos membros das equipas de estudantes sem o envolvimento directo de profissionais do ramo automóvel (engenheiros, mecânicos, etc ...).

Regras Administrativas

O veículo protótipo é submetido a várias provas.

Existem provas onde é avaliada a apresentação, o design de engenharia do protótipo e também a análise de custos do veículo.

Existem provas mais orientadas para o desempenho dinâmico do veículo, onde é testada a capacidade de aceleração, a autonomia do protótipo, a capacidade de direcção do veículo, etc.

Static Events:	
Presentation	75
Engineering Design	150
Cost Analysis	100
Dynamic Events	
Acceleration	75
Skid-Pad	50
Autocross	150
Efficiency	100
<u>Endurance</u>	<u>300</u>
Total Points	1,000

Provas Estacionárias

As distribuições da pontuação nestas provas são as seguintes:

Technical Inspection	No Points
Cost and Manufacturing	100 Points
Presentation	75 Points
<u>Design</u>	<u>150 Points</u>
Total	325 Points

Prova de Apresentação

O objectivo desta prova é avaliar a capacidade da equipa desenvolver e apresentar um business case que justifique a razão pela qual se deve investir no protótipo desenvolvido e de que a produção/comercialização é feita de forma rentável.



Assumindo os jurados da prova como administradores de uma dada empresa, as apresentações são avaliadas pelos critérios:

- conteúdo;
- organização;
- Comunicação gráfica dos conteúdos (valorização de ilustrações no lugar de texto);

-Pela entrega da equipa e também pela capacidade de resposta a questões que sejam apresentadas.

A apresentação deve incidir sobre o carro. No entanto, a qualidade em si do protótipo desenvolvido não fará parte da avaliação desta prova.

As equipas que não conseguirem desenvolver um veículo para a competição poderão participar nesta prova e receber uma pontuação.

APPENDIX S – 6 PRESENTATION JUDGING

SCHOOL _____ CAR NUMBER _____

Score the following categories on the basis of 0-10 points each according to the following scale (any number or fraction along this scale may be used).

0.0	=	inadequate or no attempt
2.5	=	attempted but below expectation
5	=	average or expected
7.5	=	above average but still lacking
10	=	excellent, perfectly meets intent

_____ **CONTENT:** Were the concepts presented appropriate and adequate to explain how the car meets the intent of the customer? Were enough technical details presented without being boring?

_____ **ORGANIZATION:** Were the concepts presented in a logical order progressing from basic concept and showing how the engineering accomplished the concept? Was it clear to the audience what was to be presented and what was coming next? Were distinct introduction and overviews as well as summary and conclusions given?

_____ **VISUAL AIDS:** Were visual aids used or clear visual references made to the car? Were the illustrations visible for all of the audience?

_____ **DELIVERY:** Did the presenter speak in a clear voice? Did the presenter show enthusiasm and promote confidence in the technical aspects? Did he maintain eye contact?

_____ **QUESTIONS:** Did the answer illustrate that the team fully understood the question? Is there doubt that the team understood the answer? Did the team promote complete confidence in their response to the questions?

_____ **TOTAL = PRESENTATION POINTS (50 points maximum)**

COMMENTS: _____



Prova Design de Engenharia

Nesta prova é avaliado o esforço na concepção do veículo e como os conceitos de engenharia aplicados foram de encontro às necessidades do mercado. É avaliado o cumprimento dos objectivos de design propostos pela equipa

A prova começa com a submissão por parte da equipa do relatório de Design. É um resumo do protótipo desenvolvido

O relatório deverá conter uma breve descrição do veículo, com uma listagem dos objectivos propostos e discussão de aspectos de relevo a mencionar do veículo

O relatório não deve exceder 8 páginas e deverá conter os esboços do veículo assim como gráficos, fotografias, etc.

Também deverá ser submetido um documento “FSAE Design Spec Sheet”. Este documento deverá ter todas as especificações técnicas do veículo.

Os dois documentos deverão ser submetidos dentro de um dado prazo e de acordo com as especificações definidas, caso contrário serão penalizados na pontuação

O protótipo deverá ser apresentado em fase final, completamente montado e pronto a ser conduzido.

Os jurados da prova vão avaliar a equipa com base nos documentos de Design que foram submetidos. Determinarão se os conceitos de engenharia que foram praticados na concepção do veículo são adequados e apropriados.

A equipa será penalizada se não for capaz de responder adequadamente a questões relativas à construção e engenharia do veículo.



Formula SAE Design Judging Score Sheet

Team Name _____ Car # _____

Category	Areas Covered	Score
Suspension <input type="radio"/> Design <input type="radio"/> Build <input type="radio"/> Refinement/Validation <input type="radio"/> Understanding	Tires, wheels, hubs, uprights, control arms, steering linkage, springs, dampers, anti-roll bars, geometry, kinematics, vehicle dynamics. Selection and use of materials.	___/25
Frame/Body/Aero <input type="radio"/> Design <input type="radio"/> Build <input type="radio"/> Refinement/Validation <input type="radio"/> Understanding	Primary structure/tub/rubing, body, and aerodynamic/ ductwork systems. Rigidity and stress-relief methods. Load analyses. Fasteners. Selection and use of materials.	___/25
Powertrain <input type="radio"/> Design <input type="radio"/> Build <input type="radio"/> Refinement/Validation <input type="radio"/> Understanding	Engine, transmission, clutch, final drive, differential, half-shafts, tripods, etc. Also peripherals, such as cooling, oiling, electronic engine controls. Fuels/lubricants selection. Selection and use of materials.	___/25
Cockpit/Controls/ Brakes/Safety <input type="radio"/> Design <input type="radio"/> Build <input type="radio"/> Refinement/Validation <input type="radio"/> Understanding	Driver interfaces, seat, belts, steering wheel, steering column, control panel/dash, cockpit sizing & protection, driver comfort/ease of control, shifter, pedals, braking system. Is this car as safe as it can be? Selection and use of materials.	___/25
Systems Management/ Integration <input type="radio"/> Packaging <input type="radio"/> Electronics/power mgmt <input type="radio"/> Team Organization <input type="radio"/> Analysis methods/tools	Design integration, plumbing/wiring, power management, schematics. Are sensitive items protected? Proper use of data? Do systems compliment another? Are progressive project management/ organization methods evident? Special communication tools utilized? What testing/development tools have been used or created?	___/20
Manufacturability/ Serviceability	Ease of repair? Sub-systems accessibility, parts interchangeability, manufacturing complexity? Have fasteners been standardized? Are special tools required to diagnose/service vehicle?	___/15
Aesthetics/Style	Attractive overall appearance? Is car clean, reflective of professional work? Does car instill pride in team, or apologies?	___/ 5
Creativity	Will this car cause a rules change? Have the judges learned something new? On rare occasions, creative or innovative design may merit special points.	___/10

Weight: _____ **OVERALL DESIGN SCORE:** ___/150

Prova de Análise de Custo

Os objectivos desta prova são:

- Ensinar aos participantes que o custo e o orçamento são factores muito importantes a ter em conta em qualquer projecto de engenharia
- Para que as equipas consigam, em cada escolha de componente ou sub-sistema para a construção do veículo, estabelecer um compromisso entre o custo e desempenho
- Ganhar experiência em criar e manter uma Estrutura de produtos - Bill of Material



- Para os participantes aprenderem e entenderem os princípios de design para fabricação e montagem, manufatura leve e Design com restrição mínima.

A prova divide-se em três partes:

- Na preparação e submissão de um relatório de Custo
- Numa discussão em torno do veículo da equipa, onde é avaliado não só o custo do carro mas também a capacidade da equipa de estimar custos da produção em manufatura do veículo
- Um desafio, onde os estudantes terão de responder, perante a apresentação de um cenário realista, a questões relacionadas com o custo e produção em série do veículo

Pontuação:

$40 \times \frac{[(P_{\max}) / (P_{\text{your}}) - 1]}{[(P_{\max}) / P_{\min}] - 1}$	40 Points	Lowest cost - each of the participating schools will be ranked by total adjusted cost from the BOM and given 0-40 points based on the formula on the left.
	40 Points	Accuracy, Clarity & Event Day/Visual Inspection - The cars will be reviewed for part content, manufacturing feasibility and accuracy of the cost information. Supporting documentation will be assessed based on its quality, accuracy and thoroughness. The range for the score is 0-40 points.
	20 Points	Event Day/Manufacturing Processes - The teams must be prepared to discuss in detail the "real case" scenario distributed prior to the competition. The materials will include more specifics about the goal and scoring of the scenario. The range for the score is 0-20 points.
Total	100 Points	

Where:

- P_{your} is the adjusted cost of your car (with penalties) in dollars.
- P_{\min} is the adjusted cost of the lowest cost car in dollars.
- P_{\max} is the cost of the highest cost car in dollars.

O relatório de custo deverá consistir numa listagem completa de todas os materiais ou peças integrantes do veículo associadas a tabelas de custo e documentação de apoio – Bill Of Material BOM.

O relatório deverá ser devidamente identificado, com o nome da universidade, o nome da competição e o nº do veículo.



Uma estrutura exemplo do Bill Of Material:

- Engine & Drivetrain..... System
 - Engine..... Assembly
 - Differential..... Assembly
 - Housing..... Part
 - Aluminum..... Material
 - Needle Bearing..... Material
 - Sand cast..... Process
 - Die & Core Package #4..... Tooling
 - Machining-Turn..... Process
 - Weld..... Process
 - M6x1.25 Grade 8.8..... Fastener
 - Internals..... Part
 - End Cap..... Part

As tabelas de custo do relatório são standardizadas.

Estas tabelas são definidas para representar o custo de materiais/peças/processos que uma empresa de manufactura pagaria pela produção de 1000 veículos por ano. As tabelas representam o custo baseado em parâmetros específicos. Usualmente são usadas as tabelas seguintes:

- Materials
- Processes
- Process Multipliers
- Fasteners
- Tooling

Provas Dinâmicas

As pontuações em jogo nestas provas são as seguintes:

Acceleration	75 points
Skid Pad	50 points
Autocross	150 points
Efficiency	100 points
Endurance	300 points
<u>Total</u>	<u>675 points</u>



Prova de Aceleração

Nesta prova, avalia-se a aceleração do carro num plano horizontal.

A prova terá uma distância de 75 metros e a pista terá 4.9 metros de largura.

Pontuação:

$$\text{ACCELERATION SCORE} = (71.5 \times (T_{\text{max}}/T_{\text{your}}) - 1) / ((T_{\text{max}}/T_{\text{min}}) - 1) + 3.5$$

Where:

T_{your} is the best corrected elapsed time for the team including penalties.

T_{min} is the elapsed time of the fastest car.

T_{max} is 150% of T_{min}

Prova de Skid Pad

Nesta prova, é avaliada a capacidade do veículo percorrer trajectórias curvilíneas.

O veículo entra no círculo direito e percorre duas voltas (lap1,lap2), sendo que a 2ª volta é cronometrada.

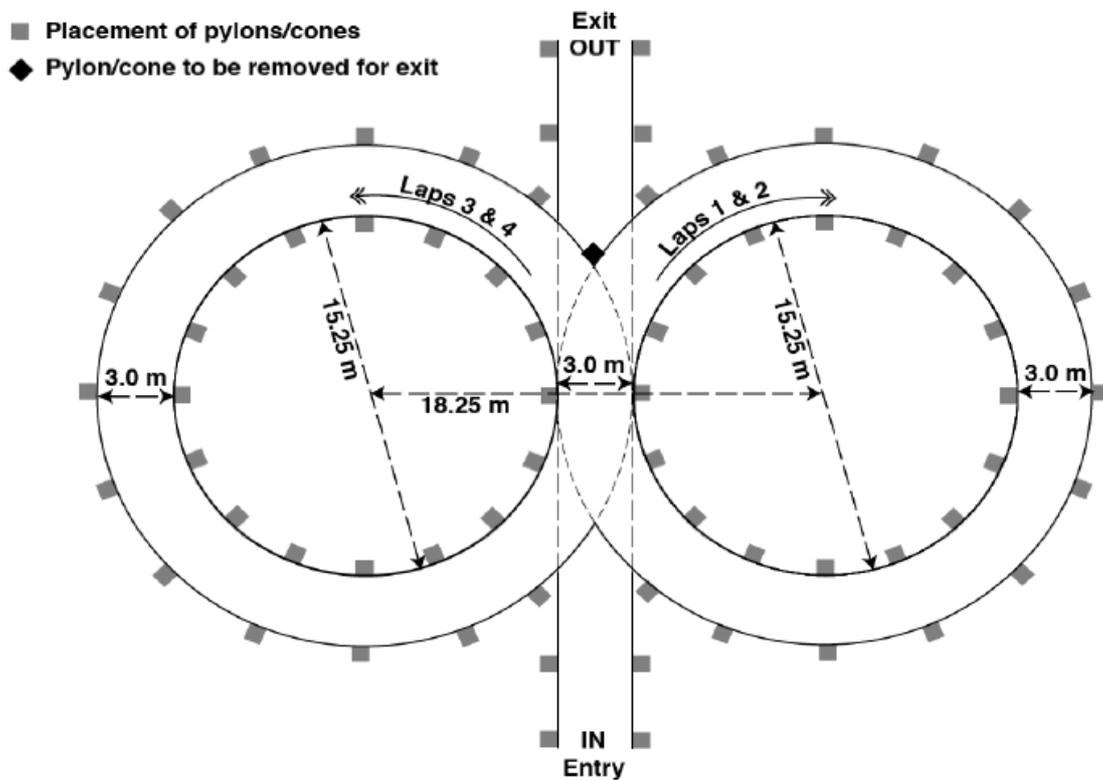
De seguida entra no círculo esquerdo e percorre duas voltas (lap3,lap4), sendo que a última volta é cronometrada.

É dada a possibilidade de o condutor fazer uma repetição da prova, imediatamente a seguir à primeira.

O condutor é penalizado pelos cones que atingir das bermas da pista, por efectuar erradamente o percurso da prova. Se sair fora da pista, o veículo é desclassificado.



FSAE SKIDPAD LAYOUT



Pontuação:

$$\text{SKID PAD SCORE} = (47.5 \times (T_{\text{max}}/T_{\text{your}})^2 - 1) / ((T_{\text{max}}/T_{\text{min}})^2 - 1) + 2.5$$

Where:

T_{your} is the average of the left and the right timed laps on your best run including penalties.

T_{min} is the elapsed time of the fastest car

T_{max} is 125% of T_{min}

Prova de AutoCross

É uma prova onde é testada a manobrabilidade do veículo num percurso estreito.

Envolve a capacidade do veículo acelerar, travar e de percorrer trajectórias curvilíneas.

$$\text{AUTOCROSS SCORE} = 142.5 \times \frac{(T_{\max}/T_{\text{your}}) - 1}{(T_{\max}/T_{\min}) - 1} + 7.5$$

Where:

Tmin is the lowest corrected elapsed time recorded for any competitor in either heat

Tmax is 145% of Tmin

Tyour is the lowest corrected elapsed time in either heat for the team being scored.

Prova de Resistência

Nesta prova, é avaliado desempenho geral do carro, assim como a durabilidade e a fiabilidade do automóvel.

Antes de entrar na prova, os veículos podem ser totalmente carregados e um medidor de energia deve ser submetido para que se possa avaliar a quantidade de energia que foi consumida na prova.

A prova é feita por 2 condutores. O automóvel tem de percorrer 22km em voltas à pista.

Ao fim de 11km é feita a troca de condutores.

O carro tem de ser consistente, na medida em que, todas as voltas que o veículo faz à pista têm que se situar abaixo de 145% da volta mais rápida.

Caso contrário, deverá abandonar a prova.

Cada cone que for derrubado terá uma penalização de 2 segundos na volta.

If **Tyour** is < or = to **Tmax**:

$$\text{ENDURANCE SCORE} = 250 \times \frac{(T_{\max}/T_{\text{your}}) - 1}{(T_{\max}/T_{\min}) - 1} + 50$$

If **Tyour** > **Tmax**: ENDURANCE SCORE = 0 (ZERO)

Tmin will be the lowest corrected time of the fastest team of the event.

Tyour will be the combined corrected times of both of your team's drivers in the h

Tmax will be 1.45 times Tmin.

If ENDURANCE SCORE < **Laps Comp**, then ENDURANCE SCORE = **LapsComp**

LapsComp is the number of full laps completed by the team.

Prova de Eficiência

A eficiência é medida como a quantidade de energia que foi consumida durante a prova de resistência sobre a distância percorrida.

Para a medição da eficiência, é usado um factor de conversão de CO₂ por forma a permitir estabelecer um paralelismo entre veículos eléctricos e a combustão interna.

Unleaded petrol / gasoline – 2.31 kg of CO₂ per litre
Electric – 0.65 kg of CO₂ per kWh
E85 – 1.65 kg of CO₂ per litre

$$EFF. SCORE = 100 \times \left(\frac{(FuelEfficiencyFactor_{MIN} / FuelEfficiencyFactor_{YOUR}) - 1}{(FuelEfficiencyFactor_{MIN} / FuelEfficiencyFactor_{MAX}) - 1} \right)$$

And

$$EFF. FACTOR = 100 \times \left(\frac{(T_{MIN} / Laptotal)}{(T_{YOURS} / Lapyours)} \right) \times \left(\frac{(V_{MIN} / Laptotal)}{(V_{YOURS} / Lapyours)} \right)$$

Where:

V_{min} is the smallest volume of fuel used by any competitor, whose corrected Endurance time $T_{your} < 1.45 \times T_{min}$ on a per lap basis

V_{your} is the volume of fuel used by the team being scored.

T_{min} will be the lowest corrected Endurance time of the fastest team of the event, whose fuel volume does not exceed 26 liter/100km or energy equivalent of 60.06 kgCO₂/100 km.

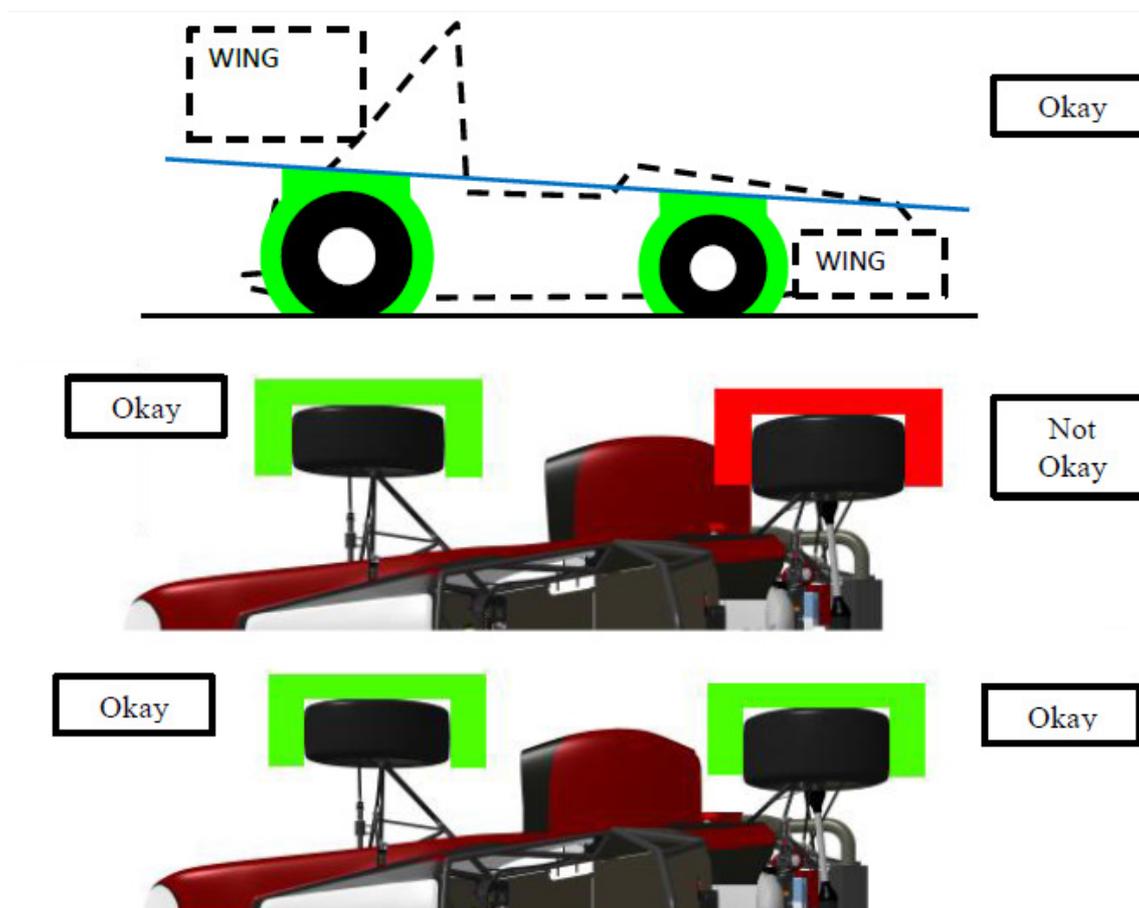
T_{your} will be the combined corrected times of the drivers in your heat.

Lapyours will be the number of laps driven by the team being scored.

Laptotal will be the number of laps completed by the teams which set *T_{min}* and *V_{min}*, respectively

Requisitos técnicos gerais

Configuração do veículo: configuração do tipo OpenWheel onde as rodas não estão estritamente alinhadas.



A roda deve ter um diâmetro mínimo de 203.2mm.

Luzes de travão – O carro deve ser equipado com uma luz de travão vermelha. A luz de travão em si tem que ter um fundo preto e uma forma rectangular, triangular ou redonda, com perto de uma superfície mínima de brilho de pelo menos 15 cm². A luz de travão em si tem que ter um fundo preto e uma forma rectangular, triangular ou redonda, com perto de uma superfície mínima de brilho de pelo menos 15 cm².

O veículo deve ter uma massa mínima de 300 kg.



Requisitos técnicos para veículos eléctricos

Definições

Os sistemas eléctricos são classificados de acordo com o nível de tensão.

Circuitos com tensões em regime estipulado acima de 40VDC ou 25VAC rms são classificados por HV (high voltage).

Circuitos abaixo desse valor são considerados por GLV (ground level voltage)

O conjunto de células de baterias ou ultra-condensadores ou outro tipo de sistemas de armazenamento de energia eléctrica do veículo são denominados como parte do sistema de AMS (accumulator management system).

Um AMS baseado em baterias é normalmente denominado por BMS (battery management system)

A máxima tensão permitida ao AMS é de 600Vdc.

Qualquer componente ou circuito ligado eléctricamente ao motor ou ao AMS é denominado como parte do sistema de tração do veículo.

O sistema de tração do Veículo tem de estar completamente isolado do chassis e de outras partes respeitantes à condução do veículo.

O GLV é constituído por todos os circuitos que não se encontram ligados ao sistema de tração.

O GLV e o sistema de tração tem de estar isolados galvanicamente.

O sistema GLV tem de arrancar sempre primeiro que o sistema de tração.

Qualquer falha no sistema de GLV terá de desactivar imediatamente o veículo.

Drive Train Eléctrico

O veículo deve vir equipado com um sistema de accionamento central que quando accionado deve desligar o motor. Para mais informações ler IC4.1, IC4.2 e IC4.3.

É permitida a utilização de qualquer tipo de motor eléctrico e em número ilimitado.

A máxima potência que se pode extrair das baterias não pode exceder os 85kW.

A regeneração da energia é permitida apenas para velocidades do veículo acima de 5km/h.

A regeneração pode ser feita

até 90%. Para os restantes 10% é obrigatória a utilização de um sistema hidráulico de travagem.

Sistema de Armazenamento de energia – IC4.4

É permitida a utilização de todo o tipo de armazenadores de energia eléctrica à excepção de células de combustível.

Todas as células de baterias ou condensadores devem ser organizados em segmentos e colocados em suportes feitos de um material robusto.

Cada célula deve ser monitorizada activamente por um sistema AMS sempre que o sistema de tracção estiver activo ou quando sistema de armazenamento de energia estiver a ser carregado.

Por exemplo, num BMS, a tensão de cada célula de bateria é medida constantemente por forma a mante-la em funcionamento entre um nível mínimo e máximo de tensão.

O BMS tem que monitorizar também a temperatura por forma a proteger o estado de saúde das baterias.

Bibliografia

- 1) <http://students.sae.org/competitions/formulaseries/rules/2013fsaerules.pdf>
- 2) <http://students.sae.org/competitions/formulaseries/fsae/reference/orgteam02.htm>