



FÓRMULA SAE BRASIL 2022
TECHNICAL EV INSPECTION GUIDE

Introdução



- A folha de inspeção ficará sempre na área de inspeção da competição;
- A primeira parte da inspeção contempla apenas o acumulador e garante o adesivo após concluída com sucesso (será executada com acumulador no carro de recarga);
- A segunda parte sistemas de segurança e controle de torque e garante o adesivo de inspeção elétrica após concluída com sucesso;
- As partes que envolvem medidas de resistência serão feitas com conector do acumulador desconectado.
- Duas pessoas serão permitidas durante a inspeção e uma delas precisa ser o ESO (Electric System Advisor) da equipe (não pode ser um piloto);
- Anotar o telefone do ESO na folha de inspeção (será contatado caso necessário) e adicionar a identificação de ESO ao estudante.
- Durante a inspeção os membros deverão utilizar óculos de proteção.
- O ESO será responsável por efetuar todos os procedimentos de inspeção ao comando do juiz.

Resistores do sistema HV e fusíveis

- Anotar o valor do resistor utilizado no TSMP.

DESIGN			
TSMP	TSMP body protection resistor value.	[kΩ]	
	All wiring protected by overcurrent protection with current rating <=	Visible check of documentation	

- A documentação dos cabos utilizados deve ser comparada com o fusível utilizado, a corrente deve ser menor que a corrente máxima do cabo e a tensão maior que a tensão do acumulador. Pre/Discharge é avaliado por diagrama.

TS Fusing	All wiring protected by overcurrent protection with current rating <= ampacity of wire.	Visible check of documentation	
	All overcurrent protection in TS must have DC voltage rating >= max TS voltage	Visible check of documentation	
	Precharge and discharge circuits must not be fused.	Visible check of documentation	

Acumulador



- A equipe deve apresentar a configuração do pack, a tensão máxima que ele pode atingir (deve ser menor que 120V) e a energia que o pack armazena (deve ser menor que 6MJ):

$$V_{\text{max}}[\text{V}] = \text{Tensão máxima da célula}[\text{V}] * \text{número de células em serie}$$

$$E[\text{J}] = V_{\text{max}}[\text{V}] * \text{Carga da bateria} [\text{A.h}] * 3600$$

- Pelo menos 20% das células de bateria devem ser monitoradas, um sensor pode ser utilizado para mais uma desde que esteja a menos de 1 cm do terminal das baterias.

Accumulator	Recharge and discharge circuits must not be fused.	Visible check of documentation	
	Maintenance plugs must separate the internal cell stacks. Cell stacks must have a voltage less than 120VDC and a maximum energy of 6MJ. The separation has to affect both poles of the stack.	Per Stack: Max Voltage: _____ [V] Max Energy: _____ [MJ]	
	AMS must monitor the temperature of at least 20% of the cells	Visible check	
	Temperature sensor must be in direct contact with negative terminal or <10mm away on the bus bar	Visible check	

Shutdown e sensor do acelerador



- De forma visual em diagrama a equipe deve mostrar que a corrente dos AIRs (Relé de alta tensão/corrente do acumulador) passam pelos circuitos de segurança.
- O shutdown efetuado pelos circuitos do IMD, BMS, BSPD devem ser independentes uns dos outros.
- O sensor do acelerador deve possuir redundância, utilizando dois sensores ou mais e com a alimentação dos sensores sendo individual.
- Se o sensor não for comprado (potenciômetro montado pela equipe) as curvas do sensor não podem cruzar (curvas com inclinações contrárias ou mesma inclinação offset);

Shutdown/Safety Circuits	Shutdown buttons directly carry current of AIRs and precharge relay	Visible check of documentation	
	IMD, BMS, and BSPD have independent relays or transistors to open the shutdown circuit.	Visible check of documentation	
	An interlock line opens the AIRs whenever the HVD is removed.	Visible check	
APPS	Must have at least two sensors not sharing supply or signal lines.	Visible check	
	The transfer functions of the two sensors must not cross.	Visible check	

Indicações no acumulador

- O acumulador deve possuir adesivos de acordo com o regulamento.
- PCBs que possuam alta e baixa tensão no mesma placa, devem ter uma distância mínima entre esses circuitos (TSAL e outros circuitos relevantes).

EV.5.3.7 Each Accumulator Container must be labeled with the:

- Symbol specified in [ISO 7010-W012](#)  (triangle with black lightning bolt on yellow background) with triangle side length of 100 mm minimum
- Text "Always Energized"
- Text "High Voltage" if the voltage meets [T.9.1.1](#)

Voltage	Over Surface	Thru Air (cut in board)	Under Conformal Coating
0-50 V DC	1.6 mm	1.6 mm	1 mm
50-150 V DC	6.4 mm	3.2 mm	2 mm
150-300 V DC	9.5 mm	6.4 mm	3 mm
300-600 V DC	12.7 mm	9.5 mm	4 mm

HV warning stickers	Accumulator housing must be labeled with "High Voltage" and 	Visible check	
Separation on self-developed PCBs	GLV and TS circuits have at least the spacing specified in EV.7.5.7.	Visible check	

Travamento positivo (Importante)

- Quaisquer conexões no caminho de alta tensão (sistema de tração), deve possuir travamento positivo.
- Se for por conectores comerciais a equipe deve mostrar como funciona esse travamento.
- No caso de parafusos e porcas, a mesma deve possuir um travamento que não utilize nylon ou trava rosca (Loctite) (Temperatura).

HV Path	Bolted connections in the high current path must have a positive locking mechanism. Lock washers and thread locking compound are NOT allowed.	Visible check	
	Soldering is not allowed in the high current path.	Visible check	



Acumulador (Pode ser por foto)

- Todas as paredes internas devem possuir uma camada isolante, a documentação do material isolante deve ser apresentada e possuir nível de flamabilidade UL94.
- Deve conter pelo menos um fusível com um relé para cada polo (esses devem estar em um compartimento separado das células).
- Não deve haver circuito de alta tensão saindo do acumulador, se esse não passar por um fusível (circuito ligados as células possuem cor laranja obrigatoriamente).
- Circuitos laranjas fora do acumulador devem estar bem fixados e longe de partes móveis.
- A conexão entre as células deve possuir travamento positivo.

Internals	The poles of the accumulator stack(s) and cells must be insulated against the inner wall of the accumulator container if the container is made of electrically conductive material.	Visible check	
	Every accumulator container must contain at least one fuse in the high current path.	Visible check	
	No always energized TS wires leaving accumulator container (All TS wires leaving accumulator disconnected by an AIR).	Visible check	
	Branch circuits are fused within 600mm of source.	Visible check	
	Fuse and AIRs must be separated from the rest of the enclosure by an electrically insulating fireproof material.	Visible check	
	Maintenance plugs can be removed without tools.	Visible check	

Conectores de manutenção

- Conectores de manutenção separam os packs do acumulador.
- A remoção dos conectores devem ser feitas sem nenhum tipo de ferramenta e devem possuir contato elétrico apenas em áreas com esse propósito.
- **(Importante)** Não deve ser possível montar os conectores de forma incorreta. Isso pode ser atingido através de construção física do pack ou por conectores com polaridade.
- Os Conectores de manutenção devem possuir travamento positivo.

Maintenance Plugs	Maintenance plugs can be removed without tools.	Visible check	
	Surfaces of the maintenance plugs must be non-conductive except as required to make the electrical connection.	Visible check	
	Maintenance plugs cannot be incorrectly installed.	Visible check	

Acumulador (Pode ser por foto)

- Todas as paredes internas onde residem os packs devem possuir uma camada isolante, a documentação do material isolante deve ser apresentada e possuir nível de flamabilidade UL94.
- Ao utilizar materiais compósitos, apresentar a documentação da resina em relação a flamabilidade.
- Fibra de carbono não é isolante e não pode ser utilizado nessa situação.

Internals - Cell stacks	Each stack has to be electrically insulated by the use of suitable materials towards other stacks in the container and on top of the stack. Air is not a suitable insulation material in this case.	Visible check	
	The contained cell stacks must be separated by an insulating and fire resistant (according to UL94-V0, FAR25 or equivalent) barrier.	Visible check	

Mais atributos do acumulador



- Todo acumulador (se a equipe utilizar mais de um) deve possuir um led para indicar que os reles do acumulador estão fechados e existe alimentação nos conectores do acumulador.
- Deve ter o texto “High Voltage Present” ao lado da indicação.
- Não pode ser programado, deve ser obtido através de um circuito hardwired.
- A avaliação é por meio de documento do circuito e não é necessário ver o funcionamento nessa etapa.

Indicator Light	Each container must have an indicator showing that voltages greater than 60V DC are present outside of the container. Indicator must function with accumulator removed from vehicle.	Visible check	
-----------------	---	---------------	--

Mais atributos do acumulador



- Todos os conectores do sistema de tração (alta tensão) devem possuir interlock. Isso inclui os conectores do acumulador, HVD e demais que a equipe adicionar.
- Todos conectores do sistema de tração que possam ser removidos sem ferramentas.
- Não pode estar localizado no lado aterrado da bobina dos AIRs.
- Equipes que possuam acumulador reserva devem possuir a mesma configuração do original.

Accumulator Container Connectors	All Tractive System connectors outside of an enclosure must include an interlock.	Visible check	
Spare accumulator(s)	Must have the same size, weight and type	Visible check	

Carregadores e energymeter



- Os carregadores devem possuir interlock para desligar a saída que efetua a carga, se conectado de um forma incorreta.
- Cabos de alta tensão do carregador (do lado da saída) devem possuir cor laranja.
- Verificar se localização para o energymeter foi provisionado.

Chargers	Charger connector must incorporate an interlock such that the connectors only become live if is correctly connected.	Visible check	
	HV charging leads must be orange.	Visible check	
Energy Meter	Energy Meter Installed (if located in accumulator)	Visible check	
	Energy Meter provided (if not in accumulator)		

Indicação de acumulador ligado



- Avaliar, após ligar todo o sistema, se a indicação de tensão maior que 60V acumulador, está funcionando ao fechar os relés do sistema de tração.
- Teste dos sistemas de shutdown do acumulador e carregador durante carga.
- Verificar se o botão de emergência e o sistema de falha de isolação estão desligando o sistema. A tensão deve ficar abaixo de 60V antes de 5s.
- A equipe de demonstrar que o BMS está funcionando durante a carga e fornecer uma forma de forçar uma falha no sistema do BMS para desarmar o acumulador.

Accumulator Indicator	Accumulator Indicator indicates if voltage above 60VDC is present outside of the container.	Visible check	
Charging	Emergency stop button on charger stops charging	TS voltage must decrease below 60VDC in 5 sec	
	IMD must open shutdown circuit in 30 seconds when isolation fault is present. 1. Activate Tractive System 2. Connect IMD test box between TSMP and GLVS Ground. 3. IMD must trip in 30 seconds and TS voltage must decrease below 60VDC in 5 sec.	Perform Test	
	When charging, the AMS must be live and must be able to turn off the charger in the event that a fault is detected.	Set vehicle to charge. Team must demonstrate AMS is active.	

Resistores do sistema HV e fusíveis



- Avaliar qualquer camada condutora próxima a todos os conectores no caminho de alta tensão, dentro do raio de 10cm. Se existir, metal, fibra de carbono ou qualquer outro material condutor, a resistência desse ponto para o terminal negativo da bateria de baixa tensão deve ser menor que 300 mOhm.
- O estudante deve efetuar a medida utilizando os pontos de medida na lateral do veículo, o valor medido deve ser o valor requisitado por regra adicionado do valor do resistor de descarga informado.

GLVS ground	Measure GLVS gnd for conductive surface <100mm from a TS component, must be < 300 mOhm.	mΩ	
Discharge Circuit and Body Protection Resistors	1. Measure resistance between TSMP HV- and TSMP HV+ Vmax < 200V => 10k + discharge 200V < Vmax < 400V => 20k + discharge 400V < Vmax < 600V => 30k + discharge	_____ kΩ	

Isolação entre circuito HV e aterramento



- Utilizar os pontos de medida na lateral do carro para mensurar a resistência entre HV+ e terra do veículo e entre HV- e terra do veículo.
- A resistência mensurada deve ser maior que:
 $500 * V_{\text{max}} \text{ do acumulador} + \text{BRP (resistência citada no slide anterior)}$

Insulation Measurement Test	Measure isolation between TSMP and chassis ground. Choose next voltage level above TS voltage (250V or 500V) $R_{\text{iso}} \geq 500 * \text{TS Voltage} + \text{BPR}$	HV+ _____ MΩ	
		HV- _____ MΩ	

Ligando o sistema de HV

- Ao acionar o sistema de baixa tensão, a TSAL deve se apresentar com a luz verde.
- Ao ligar o sistema de HV, acionando a ultima chave geral TSMS, a TSAL deve mudar sua cor para vermelho e começar a piscar. Verificar se isso só acontece com a tensão acima de 60V.
- Ao ligar o sistema de HV, o veículo não pode entrar em modo de “pronto para dirigir”. O teste é feito ligando o sistema de HV e pressionando o pedal do acelerador, o motor não deve girar.
- A TSAL deve ser visível de todos os ângulos mesmo com veículo sob sol forte.

Ready-To-Drive Mode	Additional actions required to enter Ready-To-Drive 1. Energize the TS 2. Press Accelerator pedal	Verify motors DO NOT SPIN.	
Tractive System Active Light	The TSAL must be solid green when GLV turned on and the voltage outside of accumulator container is less than 60V DC.	Visible check	
	The TSAL must be flashing red when GLV turned on and the voltage outside of accumulator container exceeds 60V DC.	Visible check	
	The TSAL must be red and clearly visible even in bright sunlight.	Visible check	

Teste de IMD e BMS

- O mesmo teste feito no processo de carga deve ser efetuado no veículo.
- Adicionar uma carga que simule uma falha de isolamento entre HV e terra do veículo, e esperar o sistema desligar dentro de 30 s. Essa falha deve ser reportada por uma indicação no painel com o texto IMD ao lado.
- Após abrir os relés do acumulador, a tensão deve ficar abaixo de 60V em até 5 s.
- Efetuar o teste de falha do BMS da mesma forma.
- Essas falhas não podem ser resetadas pelo motorista, então qualquer ação no pedal ou em algum botão não deve retornar o sistema da falha.

IMD Test	IMD must open shutdown circuit in 30 seconds when isolation fault is present. 1. Activate Tractive System 2. Connect IMD test box between TSMP and GLVS Ground. 3. IMD must trip in 30 seconds and TS voltage must decrease below 60VDC in 5 sec.	Test HV+	
		Test HV-	
IMD	IMD indicator light inside the cockpit must be marked with "IMD", must be RED, and must be visible in bright sunlight.	Visible check	
IMD or BMS Error disables TS	The tractive system may not automatically return to active state after the IMD test resistor was removed or a BMS error disabled it. The driver must not be able to reactive the tractive-system.	Demonstrated by the team	

Teste dos switches de emergência

- Avaliar se todos os switches de emergência estão desligando o acumulador.
- O processo consiste em ligar o sistema de alta tensão e efetuar o desarme através desses switches.
- O processo é repetido para todos os switches, e sempre avaliando se a tensão fica abaixo de 60V em até 5s após desarmado.
- Para testar o inertia, a equipe deve levar o componente solto. A fixação do inertia deve ser firme em um ponto que faça parte do chassis.

master switches, shutdown buttons and brake-over-travel-switch and interlocks	All switches on --> TS Master switch off	TS voltage must decrease below 60VDC in 5 sec	
	All switches on --> GLV Master switch off		
	All switches on --> left shutdown button off		
	All switches on --> right shutdown button off		
	All switches on --> Cockpit shutdown button off	<i>Allow team to set pace of tests to prevent overheating precharge / discharge resistors.</i>	
	All switches on --> brake-over-travel-switch off		
	All switches on --> Open Interlock(s) of outboard wheel motor (if applicable)		
Inertia switch	Unmount inertia switch. Activate TS and measure HV voltage. Shake the switch and check if TS is shutdown.	TS voltage must decrease below 60VDC in 5 sec	

Modo de “pronto para dirigir”

- Agora o ESO deve mostrar o procedimento para colocar o carro em modo de “pronto para dirigir”, o processo deve conter sempre o acionamento do freio junto a alguma outra ação do motorista.
- Ao entrar em modo de “pronto para dirigir” um sinal sonoro audível a 2m deve ser emitido para indicar que o veículo entrou nesse estado. A partir desse momento o veículo deve responder ao pedal do acelerador e

Ready-To-Drive Mode	Additional actions are required to set the car to ready-to-drive mode 1. Enable TS 2. Press brake and start button 3. Press Accelerator, motors SHOULD spin 4. Press shutdown button 5. Release shutdown button and enable TS 6. Press Accelerator, motors SHOULD NOT spin 7. Press brake and start button 8. Press Accelerator, motors SHOULD spin	The team must demonstrate how the car is set to Ready-To-Drive mode by the driver (pressing the brake pedal is mandatory)
Ready-To-Drive-Sound Test	The car must make a characteristic sound, once but not continuous, for at least 1 second and a maximum of 3 seconds when it is ready to drive. The sound level must be a minimum of 80dBA, fast weighting, in a radius of 2m around the car. The used sound must be easily recognizable.	Check for Ready-To-Drive sound when team starts vehicle.

Implausabilidade freio+acelerador

- Em uma situação de frenagem com aceleração ao mesmo tempo, o veículo deve desligar o sistema de tração enquanto a situação persistir.
- O teste é feito acionando o acelerador para girar o eixo trativo e logo em seguida pressionar o freio.
- Mesmo soltando o freio após o acionamento, o acelerador não deve solicitar torque mesmo se pressionado até o fim a partir da condição que falha ocorreu.
- Apenas após liberar o freio com o acelerador que o veículo pode voltar a responder a solicitação de torque pelo acelerador.

APPS / Brake Pedal Plausibility Check	Torque production must stop when accelerator and brake pedal are pressed simultaneously 1. Press accelerator to show that axle turns. 2. With accelerator > 25%, press brake pedal. Axle must stop 3. Keeping accelerator >25%, release brake pedal. Axle must remain stopped. 4. Slowly release accelerator, axle may turn again once < 5% pedal position.	Team demonstration per procedure
--	---	----------------------------------

Implausabilidade do sensor do acelerador



- Após colocar o veículo em modo de “pronto para dirigir”, deve se verificar se o pedal do acelerador está respondendo normalmente.
- Em seguida, um dos sensores do acelerador deve ser desconectado (a equipe de provisionar um método para isso) com o acelerador pressionado e o motor deve parar de responder ao comando do acelerador. Após a reconexão o pedal pode voltar a responder.
- O teste é feito para os todos os sensores, começando com o acelerador pressionado e também não pressionado.

APPS Implausibility Check	Torque production must stop if APPS are implausible. 1. Press accelerator to show that axle turns. 2. Unplug all but 1 APPS. 3. Press accelerator, axle must not turn.	Team demonstration per procedure
---------------------------	--	----------------------------------

Implausabilidade de em frenagem brusca



- A equipe deve apresentar o circuito lógico não programado, que faz a avaliação dessa falha.
- A equipe deve também prover uma forma de simular os 5kW para o teste.
- O teste consiste em simular uma corrente equivalente a 5kW e pressionar o freio.
- Nessa situação o circuito de BSPD deve atuar desligando o sistema de tração.
- Essa falha, assim como a de IMD e BMS, não pode ser resetada pelo motorista.

Brake System Plausibility Device	A standalone non-programmable circuit must open the AIRs when braking hard and a positive current is delivered from the motor controller. The current limit must be set at a 5kW at the nominal battery voltage. The action of opening the AIRs must occur if the implausibility is persistent for more than 0.5 sec.	The team must provide a test. The sensor must be included in the test.
	The BSPD may not be reset by a driver accessible control.	Check that the driver controls do not reset the BSPD

*Firewall EV



- Toda firewall, que separe alguma parte do sistema de tração do piloto, deverá possuir duas camadas, onde:
 - A camada que faceia o sistema de tração deve ser de alumínio com espessura de 0.5mm a 0.7mm e aterrada;
 - E a camada que faceia o piloto deve ser de material isolante UL94 com resistência a perfuração e abrasão.

Rain test

- O teste de chuva será avaliado em uma etapa posterior a inspeção técnica;
- No teste a equipe deverá prover um método para deixar os pneus de tração fora do contato com o chão;
- O veículo deverá estar com o sistema de tração ligado, **mas o veículo não poderá estar no modo de “pronto para dirigir”**.
- O teste tem duração de 4 minutos, onde o veículo será submetido a uma simulação de chuva por 2 minutos e ficará por mais 2 minutos, sem a simulação de chuva, sob observação;
- Durante o teste o veículo não poderá apresentar falha de isolamento;
- O juiz poderá solicitar o teste de IMD nos pontos de medida, previamente ao início do teste.

