

# Informativo 11

São Paulo, 31 de agosto de 2021.

## ***Procedimentos sobre Provas Dinâmicas Virtuais***

### **1. Introdução**

Em virtude da situação pandêmica no Brasil e no mundo a SAE BRASIL, decidiu por implementar uma competição puramente virtual para os eventos dinâmicos da 17ª Competição SAE BRASIL de Fórmula SAE. Conforme apresentado aos capitães de todas as equipes em reunião no dia 04/Jul/2021, diversos contextos corroboram esta decisão, dentro eles a impossibilidade de prover condições sanitárias apropriadas para uma competição presencial ainda neste ano.

Este documento apresenta as principais diretrizes para a execução desta etapa, bem como processos adicionais. Estes foram implementados com o objetivo de expandir a avaliação a diversas áreas das equipes, balanceando o foco dado à dinâmica veicular pelo desenvolvimento do modelo de simulação.

### **2. Simulação**

#### **2.1. Software**

Conforme já divulgado, o programa base para o desenvolvimento do modelo virtual e da avaliação das provas dinâmicas será o **CarSim**, da empresa Mechanical Simulation (<https://www.carsim.com/>), um software bem estabelecido na indústria automotiva. As equipes receberão as devidas licenças e instruções para instalação em seus computadores, assim como um treinamento realizado por especialistas da VirtualCAE (<https://virtualcae.com.br/>) para que todas as funcionalidades aplicáveis na competição possam ser exploradas.

Além disso, o suporte técnico estará à disposição após o treinamento para dúvidas **pertinentes** sobre o programa, em reuniões frequentes a serem definidas e divulgadas a todos. As equipes também terão a oportunidade de trocar informações e dúvidas entre elas em uma área dedicada no Fórum do Comitê (<https://fsaebrasil.online/>), com possíveis comentários do Comitê ou da VirtualCAE nas conversas.

#### **2.2. Simulações e parâmetros**

Em seguida ao treinamento, a acontecer em curto prazo, as equipes receberão um modelo template de um Fórmula SAE e arquivos das pistas pré-definidas de 3 provas: Aceleração, Skid Pad e Autocross. Baseado no template, nas condições das provas e nos conhecimentos técnicos adquiridos durante o treinamento, o melhor desempenho (ou seja, tempo de volta) deverá ser obtido pela otimização do projeto. Neste caso, a calibração do piloto virtual é considerada um aspecto crítico e deverá ser definida a partir de critérios apresentados neste documento. Como produto, a equipe terá o modelo do carro final e o piloto ajustado para cada prova.

Com a entrega dos arquivos no prazo estipulado (ver item **4**), o Comitê Técnico irá divulgar a pista para a prova de Enduro e Eficiência Energética. As equipes terão então a tarefa de otimizar o comportamento do piloto para estas duas provas. Nesta etapa, o modelo do veículo e sua parametrização serão os mesmos que enviados anteriormente: **o projeto não irá ser mais alterado, apenas o piloto.**

Todas as simulações oficiais para o levantamento de tempos serão realizadas pelo Comitê Técnico, a partir dos arquivos enviados do projeto e dos pilotos, calibrados para cada prova. No caso do Enduro, duas voltas serão medidas: a primeira volta, saindo da inércia, será a primeira volta dos dois pilotos impostos pelo regulamento e a segunda, partindo em movimento, será considerada como as outras 20 voltas. A prova de Eficiência será tomada a partir de parâmetros obtidos no CarSim.

### 2.3. Parâmetros e Entregáveis

O modelo template recebido pelas equipes terá alguns parâmetros congelados, que não poderão ser alterados (ex.: massas e inércias), e diversos outros a serem modificados, de modo a otimizar o projeto e obter o melhor tempo de volta e eficiências possíveis, associados como esperado à calibração do piloto sob diferentes condições.

Os valores dos parâmetros fechados serão os do próprio template e os abertos, estipulados pelo Comitê Técnico, terão suas faixas com valores máximos e mínimos restringidos. Além disso, componentes discretos e de maior complexidade como motor e pneu terão uma biblioteca específica, na qual opções pré-estabelecidas deverão ser selecionadas pelas equipes baseadas em seus critérios e métodos de desenvolvimento.

Um informativo detalhando explicitamente quais parâmetros, quais faixas e o formato dos arquivos de parâmetros será divulgado em breve. Por enquanto, as equipes devem considerar os itens da lista abaixo, com uma provável expansão:

- Parametrização cinemática e dinâmica completa da suspensão e direção
- Balanceamento de freios dianteiro e traseiro
- Escolha dentre 5x modelos de pneu
- Escolha dentre 5x modelos de motor, com diferentes massas, mapas de torque e eficiências
- 6x relações de marchas

**Obs.:** Existirá naturalmente uma distinção entre veículos a combustão e elétricos, havendo as alterações necessárias.

### 2.4. Validação e penalidades

De modo a adaptar os conhecidos eventos presenciais em uma etapa virtual, alguns critérios foram estabelecidos, tornando as simulações condizentes com os moldes do regulamento.

### 2.4.1. Parâmetros fora da especificação

Caso haja algum parâmetro fora da faixa permitida pelo Comitê ou que signifique violação do regulamento (a ser analisada individualmente e passível de discussão), as equipes receberão uma penalidade de **-100** pontos na classificação geral e terão o prazo de 1 semana para correção do modelo e nova submissão. Se o segundo envio também apresentar violações, a equipe receberá **DNF** em todas as provas dinâmicas.

### 2.4.2. Desvio de trajetória

Como não há a possibilidade de se implementar cones nas pistas e detectar quando estes são DOO (Down or Out) e muito menos quando há OC (Off-Courses), o Comitê Técnico definiu como critério principal para as penalidades a diferença do centro do carro para a trajetória da pista. Tal parâmetro pode ser monitorado nos resultados do CarSim e será utilizado para equivalência de cone DOO ou OC.

Se houver desvios extremos, a equipe receberá **DNF** (Did Not Finish) na prova. A equipe será então notificada pelo Comitê e terá 1 semana para corrigir o modelo do piloto. Neste caso, a equipe receberá **50%** da pontuação obtida na simulação do segundo envio daquela prova.

4 zonas foram definidas para cada cenário: uma faixa normal de operação e zonas de cone DOO, OC e DNF. Os valores de transição são baseados em um Fórmula SAE típico com 1,5 m de largura e pista no valor mínimo de 3,5 m de largura para Autocross e Enduro e 3,0 m para o Skid Pad. As penalidades são contabilizadas apenas ao transitar de uma zona inferior para uma zona superior. Para evitar problemas de oscilação ao redor do limiar por precisão do desvio, apenas uma penalidade de cada zona poderá ser aplicada em um período de 1 s.

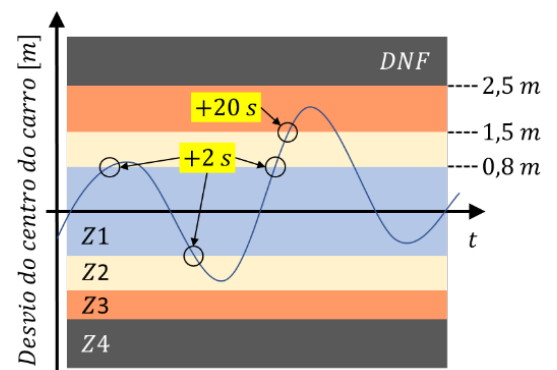
A equipe perceberá que neste critério haverá uma correlação entre a agressividade do piloto e o quanto de desvio será obtido em pista. O desafio será encontrar o melhor compromisso entre tempo de volta e margem para as penalidades, algo que já acontece na prática.

#### **Autocross e Enduro:**

- **Zona 1: Entre 0,0 m e menor do que 0,8 m:**
  - Sem penalidades
- **Zona 2: Entre 0,8 m e menor do que 1,5 m:**
  - Penalidade de **+2 s** na entrada
- **Zona 3: Entre 1,5 m e menor do que 2,5 m:**
  - Penalidade de **+20 s** na entrada
- **Zona 4: Igual ou maior a 2,5 m:**
  - **DNF**

**Obs. 1:** Ir para a Zona 3 uma vez significa necessariamente uma penalidade total de 2 s + 20 s.

**Obs. 2:** No enduro a quantidade de penalidades será contabilizada pelo número de repetições daquela volta (primeira volta = x2, segunda volta = x20).



**Skid Pad:**

- Igual ou maior a 0,6 m: **DNF**

**3. Provas e Pontuação**

A pontuação das provas dinâmicas segue o informativo 02 do dia 08/Jul/2020, com a contabilização de pontos a partir dos tempos, seguindo o regulamento. Conforme o esperado, os tempos de volta são baseados nas simulações do CarSim realizadas pelo Comitê Técnico com os modelos das equipes.

No entanto, de modo a abranger a avaliação desta etapa online e manter a essência de uma competição de engenharia, o Comitê introduziu fatores aplicados a cada pontuação dos tempos de volta e eficiência energética, que serão baseados em curtos relatórios. O objetivo é balancear a influência de outras áreas das equipes além da dinâmica veicular e instigar os membros a pensarem nas decisões de projetos futuros com uma análise sistemática dos parâmetros que os envolvem.

Cada relatório será responsável por uma parcela de 20% de certas provas, conforme tabela a seguir. Consequentemente, para a equipe ter acesso à toda pontuação obtida pelos tempos de volta e eficiência energética, a equipe deverá gabaritar os relatórios. Por outro lado, zerá-los totalmente significa obter apenas a porcentagem mínima da pontuação estabelecida na tabela. **A classificação de cada prova (1º, 2º, ... lugares) será baseada na pontuação com os fatores aplicados.**

Evento	Pontuação 17ª FSAEB (Informativo 02)	Fator na pontuação obtida pelo tempo de volta no CarSim
Aceleração	90	20% + R1 + R2 + R3 + R4
Skid Pad	75	
Autocross	120	40% + R3 + R4 + R5
Enduro	230	
Eficiência	100	20% + R1 + R2 + R3 + R4

Relatório	Tema do relatório	Valor
R1	Factibilidade de projeto	0 – 20%
R2	Limitações do modelo	
R3	Redução de massa e manufaturabilidade	
R4	Parâmetros críticos	
R5	Aquisição de dados	

### 3.1. Relatórios para fatores de pontuação

A cada fator de pontuação estão associados relatórios **concisos**, que deverão abordar de maneira **clara** e **objetiva** os questionamentos feitos. Não há necessidade de introduções ou de se explicar o básico, uma vez que os documentos são curtos e serão avaliados por pessoas tecnicamente aptas: foquem no diferencial das suas idéias.

#### 3.1.1. Formatação e conteúdo

O número máximo de páginas especificado deverá ser **rigorosamente** cumprido, **sem a presença de capas**. Se houver, elas serão consideradas como parte do relatório, uma vez que apenas as primeiras páginas serão as válidas. Por exemplo: se o requerido for apenas uma página e houver capa, a equipe irá zerar em tal relatório.

Imagens são permitidas no corpo do texto (páginas extras de anexos serão ignoradas). Atentem-se porém ao tamanho delas e à quantidade de informação que elas apresentam (simplifiquem: eliminem componentes/dados irrelevantes). **Incluam apenas as ilustrações e diagramas essenciais que acompanhem e complementem o texto.**

Links externos (ex.: para datasheets ou vídeos no YouTube), assim como animações no .PDF, não são válidos e serão ignorados.

Diretrizes para arquivo e formatação:

- **Formato do arquivo:** .PDF
- **Nome do arquivo:** [# Equipe]\_17aFSAEB\_R[1,2,3,4,5]\_[Nome instituto de ensino]\_[Nome equipe]  
(Exemplo:  
**E01\_17aFSAEB\_R3\_Universidade\_de\_Exemplo\_Equipe\_FSAE\_Racing.pdf**)
- **Cabeçalho:** deverá conter nome, número e instituição de ensino da equipe (logo é opcional)
- **Fonte:** obrigatoriamente Calibri ou Arial, tamanho mínimo 11
- **Margens:** moderadas ou maiores (2,54 cm superior e inferior, 1,91 cm laterais)

#### 3.1.2. R1: Factibilidade de projeto

**1 página:** Demonstre que a suspensão projetada é factível: prove que não há colisões entre componentes, os principais pontos do regulamento são atendidos e o sistema é consistente.

Não se esqueçam de considerar as interações entre os pontos da suspensão, projeto do chassis, gabaritos de regulamento e fixação do motor, que são inevitavelmente restrições para o projeto. Por factível e consistente, assume-se que o sistema é manufaturável e inclui boas práticas de engenharia. A sugestão é se basear em um CAD da proposta do modelo simulado e apresentar análises dos mecanismos nos cenários críticos que forem identificados.

#### 3.1.3. R2: Limitações do modelo

**1 página:** Qual são as **principais** limitações do modelo simulado, que podem levar a divergências com dados reais? Em quais tipos de validações estas limitações seriam prejudiciais e como elas poderiam ser contornadas? Seria possível uma correção aplicada nos resultados de simulação/aquisição baseada em modelos analíticos ou empíricos?  
Como?

**Aborde ao menos 3 itens relevantes**

**Exemplos de limitações** (não necessariamente relevantes e sem detalhes sobre impactos e soluções):

- A massa do carro a combustão não varia conforme o combustível é consumido.
- A eficiência do motor elétrico na prática depende da tensão da bateria, que é considerada constante.
- As características do pneu variam com a sua temperatura, que na simulação é mantida constante.
- A influência de possíveis ventos laterais não é considerada na dinâmica do veículo.

### 3.1.4. R3: Redução de massa e manufaturabilidade

**2 páginas:** Apresente uma tabela de massa em kg para cada sistema do **projeto real** da equipe. Em seguida, analise possibilidades de redução de massa pela implementação de novas técnicas de manufatura. Como os processos atuais e os propostos se diferenciam em termos de viabilidade, custos e tempo?

**Por fim, baseado no modelo simulado**, correlacione proporcionalmente (normalize os valores das massas a partir dos totais) o impacto da redução proposta nos tempos das provas de Aceleração, Skid Pad e AutoX.

**Aborde a redução de massa de ao menos 3 componentes**

Neste relatório, a prova de Custos e conseqüentemente Cost Report não são relevantes. Considere os **processos reais** de manufatura do carro da equipe, sejam eles feitos na própria oficina ou por terceiros, já realizados ou ainda planejados.

Sistemas sugeridos para a tabela:

- Powertrain (subdividido em Motor, Drivetrain, Sistema de Combustível / Acumulador, Sistema de Arrefecimento)
- Suspensão
- Direção
- Freios
- Chassis (incluindo carenagem, acessórios de piloto, banco, acolchoamentos, etc)
- Eletrônica
- Aerodinâmica (se aplicável)

### 3.1.5. R4: Parâmetros críticos

**2 páginas:** Quais os parâmetros no projeto simulado **com exclusão das massas** que mais influenciam o tempo de volta? Quais propostas de modificação de componentes estariam associadas a eles? Quais os compromissos destas propostas?

**Aborde cada uma das seguintes 4 áreas: Powertrain / Freios / Chassis / Aerodinâmica**

- Todos os parâmetros do software podem ser avaliados, não apenas os otimizados para a competição. Isto incluir também diferentes momentos de inércia para **massas iguais**.
- Um parâmetro pode englobar mais de uma área ou diferentes parâmetros podem ser associadas a diferentes áreas (ou seja, mínimo de 1 parâmetro e máximo de 4).

Neste relatório, exemplos reais baseados no projeto da equipe submetidos na prova de Design são aceitáveis e, inclusive, desejáveis. **Entretanto, deliberadamente “ piorar” o projeto para apresentar melhorias será algo penalizado na avaliação.**

**Exemplos** (extremamente simplificados):

- *Um aumento de  $X_1\%$  da potência do veículo reduz em  $X_2$  segundos o tempo de volta no AutoX.*  
→ **Powertrain:** Ao aumentar a taxa do motor atual da equipe em  $X_3\%$ , o torque máximo pode ser aumentado em  $X_1\%$  em tal faixa, contribuindo também para uma melhoria da eficiência total nos pontos de operação do AutoX em  $X_4\%$ . No entanto tal aumento impactará o pico de pressão na câmara de combustão em  $X_5\%$  e poderá causar uma maior ocorrência de detonação, conforme estudos já realizados pela equipe em tais gráficos com tais valores de avanço em tais temperaturas. Com isto, um novo projeto de pistão com tais e tais características e uma detecção de detonação pela ECU utilizando tais sensores com tais estratégias e funções deveriam ser desenvolvidos.
- *O tempo no Skid Pad depende da altura do centro de gravidade CG do veículo segundo a curva mostrada ao lado. Portanto, com o objetivo reduzir o tempo de volta no Skid Pad em  $X_1$  segundos, o CG teria que ser reduzido em  $X_2$  mm.*  
→ **Chassis:** Posicionar o centro do piloto  $X_3$  mm mais baixo no chassis seria possível pela remoção do tubo da diagonal do chassis abaixo dele, conforme figura, reduzindo em  $X_5$  mm o CG do veículo. Apesar de esta ação significar uma redução da rigidez torcional de  $X_6\%$ , o tempo de volta seria afetado em  $X_7$  segundos por tais e tais motivos. Tal redução de rigidez poderia ser contornada pelo uso de tais materiais e/ou tais reforços, conforme simulação mostrada.

**Observação:** A criatividade de pensar em soluções inovadoras e eficazes e de identificar fatores além do aumento de potência e redução de altura do CG é encorajada e terá uma avaliação substancialmente positiva (desde que os fatores sejam pertinentes e as análises, realísticas).

### 3.1.6. R5: Aquisição de dados

**2 páginas:** Quais resultados obtidos na simulação poderiam ser medidos e validados em um sistema de aquisição? Que tipo de sensores seriam utilizados e quais tipos de tratamento de sinal seriam necessários?

**Pondere qualitativamente os custos associados**

**Separe os sinais em 2 categorias: essenciais e desejados**

Para cada parâmetro selecionado, defina a grandeza (temperatura, pressão absoluta/relativa, posição, tensão, corrente, deformação, GPS, etc), faixa de medição, magnitude de precisão e resolução necessárias, tipo de sensor (resistivo, capacitivo, indutivo, Hall, etc), frequência de aquisição (1Hz, 10Hz, 1kHz, ...) e como eles seriam alimentados e lidos (por tensão, corrente, ponte de Wheatstone, etc). Se não houver uma escolha clara, apresente as opções e os prós e contras de cada. Relacione o volume de dados com limitações de hardware.

Sobre o tratamento dos sinais: haveria necessidade de filtros analógicos e/ou digitais? Quais tipos, ordens e frequências de filtro seriam aplicáveis? Como eles dependeriam da taxa de aquisição? Neste relatório, considere todos os tratamentos de sinal feitos de maneira offline (realizados após a conclusão dos testes).

Ao apresentar os custos, não há necessidade de um levantamento de valores, apenas uma análise relativa/qualitativa é o suficiente (\$ - \$\$\$\$\$, por exemplo). **Não é necessário especificar marcas e muito menos modelos ou código de peças.** Assuma que esta seria uma etapa de definição de requerimentos para a posterior procura pelo hardware compatível.

**Obs.:** Apenas apresentar uma tabela para cada categoria é **insuficiente**. A equipe deve, em texto/diagramas, descrever os critérios e escolhas adotadas.

#### 4. Prazos e entregáveis

##### Entrega do modelo do veículo + Calibração do piloto (Aceleração, Skid Pad e AutoX) + Relatórios

- **Responsável:** Equipes
- **Plataforma:** Grupo da equipe no Fórum do Comitê
  - Nome do tópico: “[17ª FSAEB Virtual] 1ª Entrega”
- **Prazo:** 15/Nov/2021
- **Arquivos CarSim:** 1x Projeto do veículo e 3x Calibrações de piloto (formatos a definir)
- **Arquivos Relatórios:** 5x .PDFs relativos aos fatores de pontuação

**Tolerância/Penalidades:** -10 pontos para cada dia de atraso, máximo de -50 pontos e tolerância de 1 semana (penalidades válidas individualmente para o modelo CarSim completo e para cada relatório)

##### Divulgação da pista do enduro

- **Responsável:** Comitê Técnico
- **Plataforma:** Fórum do Comitê + Site oficial da competição
- **Prazo:** 01/Dez/2021
- **Arquivos CarSim:** Pista do enduro

##### Entrega da calibração do piloto para o Enduro

- **Responsável:** Equipes
- **Plataforma:** Grupo da equipe no Fórum do Comitê
  - Nome do tópico: “[17ª FSAEB Virtual] 2ª Entrega”
- **Prazo:** 10/Dez/2021
- **Arquivos CarSim:** 1x Calibração de piloto (formato a definir)

**Tolerância/Penalidades:** Sem tolerância no prazo (atraso significa **DNF** no Enduro e Eficiência)

**SAE BRASIL**