

Informativo 06

São Paulo, 19 de julho de 2023.

Desafio Dinâmica 4x4

Contexto:

A equipe Velhos e Fanáticos SAE desenvolveu um novo conceito de transmissão 4x4 para seu veículo, porém ainda não investigou os impactos nos subsistemas de freio e suspensão. Os dados básicos do protótipo 4x2 atual são exibidos na Tabela 1, os dados de freio na Tabela 2 e os dados de suspensão na Tabela 3. A fim de facilitar o trabalho de sua equipe, a equipe Ronaldo Baja SAE enviou uma imagem, Figura 1, com a curva ótima e a curva real de frenagem de seu protótipo 4x2.

Tabela 1 – Dados básicos do Protótipo 4x2

Parâmetro	Valor
Configuração de roda	4x2
Massa do veículo sem piloto	170 kg
Massa do piloto	70 kg
Bitola dianteira	1500 mm
Bitola traseira	1500 mm
Distância entre eixos	1500 mm
Pneu dianteiro	Maxxis Razr ² 22x7x10
Pneu traseiro	Carlisle AT489 23x7x10

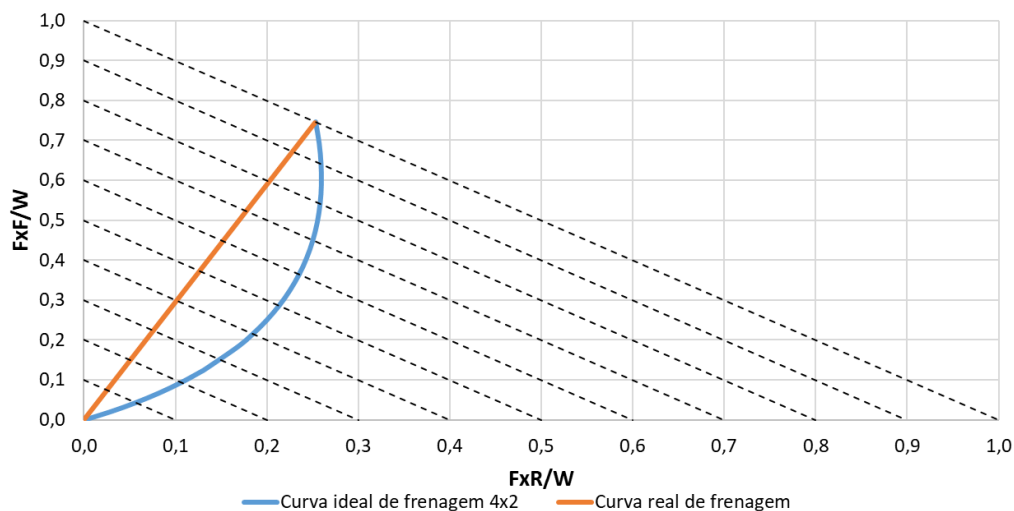
Tabela 2 – Dados do sistema de freio

Parâmetro	Dianteiro	Traseiro
Pinças	2	1
Ø cilindro mestre (único, em tandem)	25,40 mm	25,40 mm
Ø cilindro de roda	19,05 mm	19,05 mm
Ø efetivo dos discos de freio	200 mm	142 mm
Coefficiente de atrito das pastilhas	0,4	0,4

Tabela 3 – Dados dos sistemas de suspensão

	Item	Dados
Suspensão Dianteira	Tipo	Duplo A
	Distância entre molas	400 mm
	Cambagem estática	0°
	Convergência estática	0°
	Barra estabilizadora	Não possui
	Rigidez das molas	4,14 N/mm
	Rigidez vertical do pneu	$8 \frac{kN}{m}$ PSI
	Pressão de enchimento do pneu	5 PSI
Suspensão Traseira	Tipo	McPherson
	Distância entre molas	600 mm
	Cambagem estática	0°
	Convergência estática	0°
	Barra estabilizadora	Não possui
	Rigidez das molas	11,2 N/mm
	Rigidez vertical do pneu	$7 \frac{kN}{m}$ PSI
	Pressão de enchimento do pneu	8 PSI

Figura 1 – Curva ótima e curva real de frenagem do protótipo 4x2



Demanda:

Após a montagem do novo trem de força 4x4 em seu protótipo, a equipe Ronaldo Baja SAE pesou e mediu a nova posição do centro de gravidade do veículo, ilustradas na Figura 2 e na Tabela 4. Também são exibidas as posições dos centros de rolagem do protótipo.

Figura 2 – Posição dos centros de rolagem e do centro de gravidade do protótipo

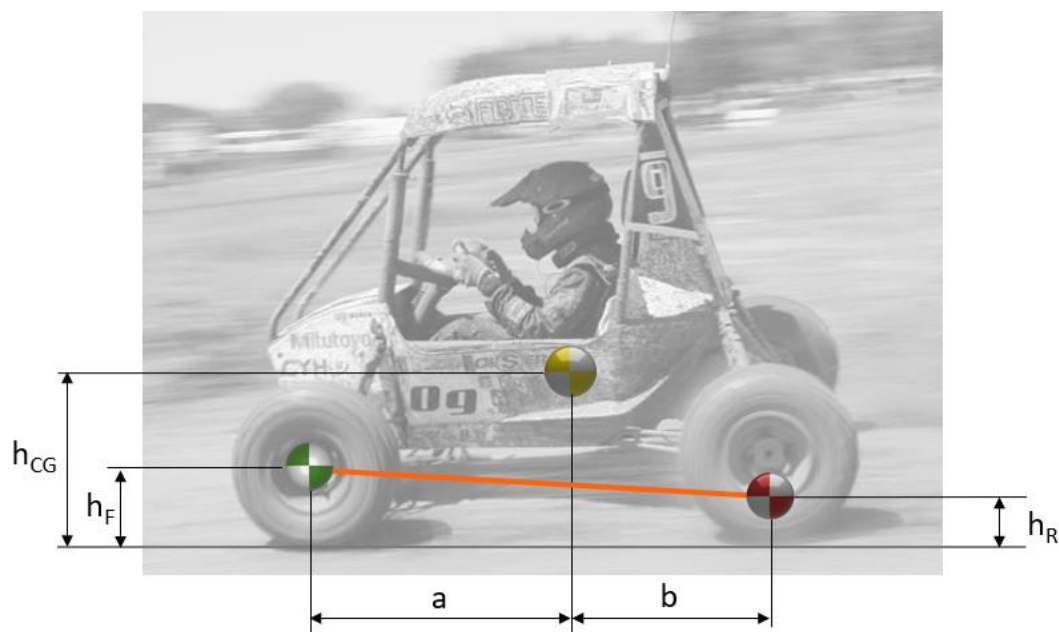


Tabela 4 – Dados dos sistemas de suspensão

Parâmetro	4x2	4x4
hCG (Altura do CG em relação ao solo)	520 mm	590 mm
hF (Altura do centro de rolagem dianteiro em relação ao solo)	270 mm	270 mm
hR (Altura do centro de rolagem traseiro em relação ao solo)	170 mm	170 mm
a (Distância do eixo dianteiro ao CG)	900 mm	855 mm
b (Distância do eixo traseiro ao CG)	600 mm	645 mm
Massa suspensa	180 kg	220 kg
Massa não suspensa de cada roda dianteira	15 kg	17 kg
Massa não suspensa de cada roda traseira	15 kg	15 kg

A função de sua equipe é analisar a influência das mudanças no novo protótipo 4x4 da equipe Ronaldo Baja SAE nos parâmetros de frenagem e dinâmica lateral. Sugira ajustes de setup, alterações de geometria e/ou componentes ou até adição de novos componentes para fazer com que o veículo mantenha o desempenho lateral e de

frenagem do carro anterior. Utilize referências bibliográficas e/ou os dados do protótipo 4x2 da equipe Ronaldo Baja SAE como base de suas alterações.

Orientações para entrega:

- O custo financeiro é um parâmetro importante na proposta que sua equipe entregará para o cliente. Analise o investimento necessário da sua solução e explique como ele foi considerado (adição de novos componentes, ajustes de setup, substituição de componentes caros, substituição de componentes baratos, etc.);
- O efeito combinado das alterações sugeridas na dinâmica vertical e no conforto também deve ser levado em consideração;
- A equipe Ronaldo Baja SAE não demanda nenhuma avaliação de esforços no pedal de freio, apenas dinâmica de frenagem (curvas ótimas e curvas reais);
- Os dados informados são suficientes para investigação dos principais parâmetros citados. Caso haja a necessidade de inserir mais dados, justifique de forma razoável o motivo e o valor adotado;
- A equipe pode utilizar como referência livros de dinâmica geral e dinâmica automotiva, que costumam trazer respostas típicas para o segmento. Lembrem-se que há um template a ser respeitado, portanto, escolham bem quais gráficos, tabelas, fórmulas e explicações vocês darão ao cliente. O objetivo principal é convencê-lo da resposta dada pela equipe.

Premissas e simplificações a serem adotadas (ilustrativas para o desafio!):

- Raio dinâmico do pneu igual ao raio estático;
- Coeficiente de atrito pneu-solo máximo atingível em frenagem: 1,0;
- Pressão mínima dos pneus sugerida pelo fabricante: 4 PSI;
- Pressão máxima dos pneus sugerida pelo fabricante: 13 PSI;
- Rigidez lateral de cada pneu dianteiro ($C_{\alpha f}$) é constante, de valor: 340 N/°;
- Rigidez lateral de cada pneu traseiro ($C_{\alpha r}$) é constante, de valor: 370 N/°;
- Rigidez de cambagem: 0 °/g;
- Rigidez do esterçamento na rolagem: 0 °/g;
- Rigidez do esterçamento com a força lateral: 0 °/g;
- Rigidez do torque auto-alinhante: 0 °/g;
- Rigidez do sistema de direção: 0 °/g;
- Coeficiente de rigidez lateral b (usado no cálculo da rigidez da transferência de carga lateral): 0,001;
- Equação da rigidez do pneu: $\frac{W_f}{C_{\alpha f}} - \frac{W_r}{C_{\alpha r}}$
- Equação da rigidez da transferência de carga lateral: $\frac{W_f}{C_{\alpha f}} \frac{2b\Delta F_{zf}^2}{C_{\alpha f}} - \frac{W_r}{C_{\alpha r}} \frac{2b\Delta F_{zr}^2}{C_{\alpha r}}$

- W_f e W_r : peso no eixo dianteiro e traseiro, respectivamente;
- ΔF_{zf} e ΔF_{zr} : transferência de peso lateral no eixo dianteiro e traseiro, respectivamente.

Atenciosamente,

SAE BRASIL