

# VANTAGENS DE UM MONOCOQUE EM FIBRA DE CARBONO

Luiz F. S. Bianchim, Ricardo L. Magnani, Pedro H. A. Moreira, Levi Cardoso, Rafael Serralvo  
 Engenharia mecânica, Centro Universitário FEI  
[lfbianchim@gmail.com](mailto:lfbianchim@gmail.com), [rserralvo@fei.edu.br](mailto:rserralvo@fei.edu.br)

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é realizar a comparação da Rigidez Torcional entre dois veículos desenvolvidos pela equipe Formula FEI Racing Team (FFRT), visando avaliar a evolução da Rigidez Torcional, comparando-a em um chassi tubular e um *monocoque* de fibra de carbono.

## 1. Introdução

Atualmente a Formula 1 é vista como a principal competição de *motorsport*, sendo referência para todas as categorias do esporte, devido sua alta competitividade, investimento e engajamento. Graças a isso a Fórmula 1 foi pioneira no desenvolvimento de diversas tecnologias que contribuíram para a evolução do esporte.

Entre elas uma das que obteve mais destaque foi a implementação de *monocoques* compostos por fibra de carbono, que passaram a ser utilizados em diversas categorias, incluindo a Fórmula SAE. Isso ocorre, pois, essa estrutura é potencialmente mais leve, rígida, forte e segura, quando comparada a um chassi tubular, utilizado por grande parte das equipes de FSAE no Brasil.

As vantagens de um chassi rígido são inúmeras, entre elas podemos destacar a facilidade na realização do balanceamento do veículo, garantindo uma melhora na dinâmica veicular. Essas qualidades se devem pois em um *monocoque* a distribuição de tensões ao redor de sua estrutura é maior, fazendo com que o mesmo seja capaz de suportar esforços maiores em relação a um chassi tubular, que está sujeito a sofrer mais acúmulos de tensões em pontos específicos.

Desde 2005, a linhagem RS, nomenclatura do prefixo dado aos projetos da equipe FFRT a combustão, tem sua construção fundada no chassi tubular. Este fato muda a partir de 2018 onde houve a aparição do nosso primeiro chassi híbrido, este se baseando nos dois conceitos abordados acima (parte tubular, parte *monocoque* em fibra de carbono).

Optamos por essa troca pois buscávamos uma rigidez torcional maior para nosso veículo, para assim melhorarmos a dirigibilidade, segurança e a durabilidade do nosso carro.

## 2. Metodologia

Para realização do cálculo de rigidez torcional do chassi, visando o melhor desempenho, através de um chassi com a maior rigidez e que seja o mais leve possível, é necessário inicialmente a compreensão dos modos de deformação na qual o chassi está submetido, sendo eles, a Flexão Vertical, causada pelo peso do piloto e todos os componentes ligados ao chassi, a Flexão Lateral, que deve resistir aos movimentos e forças

laterais, e a Torção Longitudinal, que consiste na aplicação de forças nas extremidades dos eixos buscando a torção do veículo. Com isso, a equipe definiu a Rigidez Torcional do veículo de forma experimental por meio da construção de um dispositivo capaz de “torcer” o carro e medir os deslocamentos angulares e verticais em pontos estratégicos definidos pelo projeto.

O dispositivo desenvolvido é composto por um relógio comparador e um goniômetro que são dispositivos de medição, uma célula de carga e a caixa extensométrica (Vishay P3) usados para extrair os valores da força aplicada, eixos rígidos substituindo os amortecedores e um perfil rígido fixando o eixo dianteiro.

Após a montagem do dispositivo, consideramos que a parte traseira do veículo está engastada, enquanto isso, a parte dianteira está fixada no perfil rígido, onde em uma das extremidades do perfil foi posicionado a célula de carga que sofrerá as variações de força afim de garantir os melhores resultados. Com isso, realizamos a aplicação de força nessa célula sempre com uma variação constante, logo, obtivemos os resultados de deslocamento vertical através do relógio comparador e a variação de descolamento angular por meio do goniômetro digital.

Para obter a Rigidez Torcional dos veículos tubular e *monocoque*, utilizamos da seguinte formula:

$$K = \frac{2(L_1 + 2L_2)}{tg^{-1}\left(\frac{\Delta A + \Delta B}{L_1}\right)} \quad (1)$$

As variáveis estão representadas na figura abaixo.

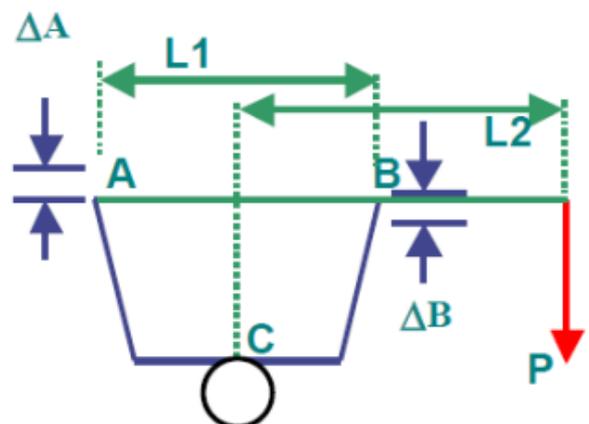


Figura 1 – Modelo representativo do dispositivo.

### 3. Resultados

Após a conclusão dos nossos testes torcionais nos modelos RB3 e RB7, pudemos notar uma evolução do modelo mais recente (monocoque feito com a utilização de fibra de carbono e honeycomb) em relação ao modelo mais antigo (chassi tubular).

Através do teste explicado na metodologia do nosso projeto, obtivemos os resultados práticos que se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos testes torcionais dos veículos RB3 e RB7.

Torsional Stiffness			
--	RB3	RB7	Units
Physical Test	1290	2350	N-m/deg

### 4. Conclusões

Com os objetivos alinhados, foi possível analisar a mudança realizada pela equipe, utilizando o método citado acima, pode-se concluir que o monocoque em fibra de carbono possui uma rigidez torcional maior do que de um chassi tubular. Logo, o objetivo de aumentar a rigidez torcional foi atingido.

### 5. Referências

[1] BURBA, Leandro de Toledo. *ANÁLISE DA RIGIDEZ TORCIONAL DO CHASSI DE UM VEÍCULO FÓRMULA SAE*. 2015. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/13257/1/2015\\_Lean\\_drodeToledoBurba.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/13257/1/2015_Lean_drodeToledoBurba.pdf). Acesso em: 05 out. 2021.

[2] SEWARD, D. Rocha. *Race Car Design*. Suffolk, Inglaterra: Palgrave, 2014.

### Agradecimentos

Ào Centro Universitario da fundação Educacional Inaciana “Padre Saboia de Medeiros” pela disponibilização do espaço do Campus e laboratórios para testes teóricos e práticos. Pelos recursos didáticos, financeiros e das ferramentas disponíveis. Além disso, agradecer as empresas patrocinadoras Inbra AeroSpace e Fiberglass por todo o apoio, espaço, materiais e de suas ferramentas.