

# Desenvolvimento da vetorização de torque em veículo de competição de fórmula SAE

Giovana Bettoni Rossi<sup>1</sup>, Rafael Serralvo Neto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenharia de Automação e Controle, Centro Universitário FEI

<sup>2</sup> Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

<sup>1</sup> gibrossi@uol.com.br, <sup>2</sup> rserralvo@fei.edu.br

**Resumo:** O principal objetivo desta pesquisa é demonstrar como a vetorização de torque consegue auxiliar o piloto a dirigir o veículo, além de garantir maior segurança, rapidez e eficiência. Os dados adquiridos serão fundamentais para posteriormente a equipe do Fórmula FEI conseguir implementar no veículo de competição de fórmula SAE este sistema de vetorização de torque.

## 1. Introdução

Na contemporaneidade, a busca por veículos cada vez mais eficientes, velozes e seguros é um dos maiores desafios da indústria automobilística. Para o universo dos veículos elétricos, principalmente os de competição, um grande potencial que deve ser explorado é a tração individual para cada roda, podendo ser somente nas duas traseiras (2WD) ou nas quatro rodas (4WD).

Partindo desta linha de raciocínio, após as referências bibliográficas serem feitas, será utilizado o software AVL VSM para simular um veículo com tração individual em cada roda, com o intuito de comprovar que a vetorização de torque consegue tornar o veículo mais veloz, uma vez que o software simula o tempo de volta que o veículo utiliza, comparando os valores adquiridos com e sem a tração individual.

Além disso, vale destacar que este software possui difícil manuseio, já que é utilizado pela própria Fórmula 1.

Finalmente, seria desejável fazer uma análise final com o veículo real comprovando as condições simuladas, porém devido às complicações causadas pela pandemia da COVID-19 não será possível a construção do veículo dentro dos prazos estipulados.

## 2. Conceitos básicos sobre a vetorização de torque

Vetorização de Torque é um sistema que permite os carros controlarem o modo com que cada roda obtenha potência. Em outras palavras, permite ao veículo transferir ou controlar o torque de uma determinada roda, com o intuito de melhorar a estabilidade, desempenho, manuseio, aderência e segurança. [1].

Com a possibilidade de diminuir a velocidade ou variar a força em determinadas rodas, é possível deslocar o peso do veículo e melhorar sua aderência, e consequentemente o seu desempenho também. Na Figura 1, pode-se observar uma demonstração de como o torque é distribuído durante uma curva. Nos veículos de competição, a distribuição de torque entre as rodas é feita com o intuito de aumentar a velocidade de contorno da curva, proporcionando maiores acelerações laterais e voltas com tempo mais baixo.

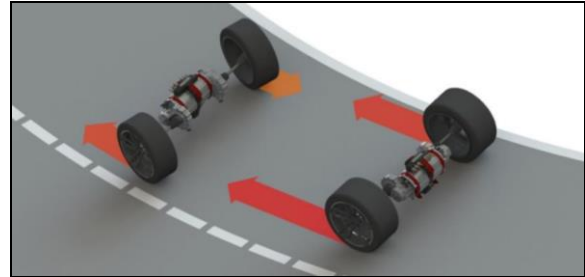


Figura 1 – Vetorização de Torque

## 3. Software AVL VSM

Os simuladores de corrida surgiram com maior destaque no mercado em meados da década de 90. Nessa época, eram extremamente simples, sendo apenas códigos internos desenvolvidos pelos engenheiros das próprias equipes de corrida. Quase trinta anos depois, atualmente, é notória a presença desses softwares por dezenas de fabricantes. Sem contar que, hoje em dia, os simuladores também são utilizados para garantir a segurança do piloto, visando sempre máximo desempenho.

Para realizar a previsão do desempenho do novo sistema de tração nas quatro rodas, com vetorização de torque, será essencial fazer uso de simulação computacional. Neste caso, será utilizado o software AVL VSM para cumprir esta função.

Como é possível observar na figura 2, a ferramenta AVL VSM requer o preenchimento de vários parâmetros do veículo, que estão divididos em sete áreas principais: 1-Chassis, 2-suspensão, 3-pneus, 4-mola e amortecedores; 5-limitadores de suspensão; 6-transmissão e 7-motor. [2].



Figura 2 – Inputs dos dados no software

## 4. Realização das simulações

Realizou-se uma simulação utilizando o software AVL VSM, comparando a performance de um veículo com 4WD e de outro com 2WD, na pista de Interlagos.

A figura 3, ilustra os gráficos obtidos com esta simulação. Observa-se que a tração individual nas quatro rodas do veículo fez com que completasse a volta 3,425 segundos mais rapidamente, confirmando que a

vetorização de torque aumentou a performance do veículo.

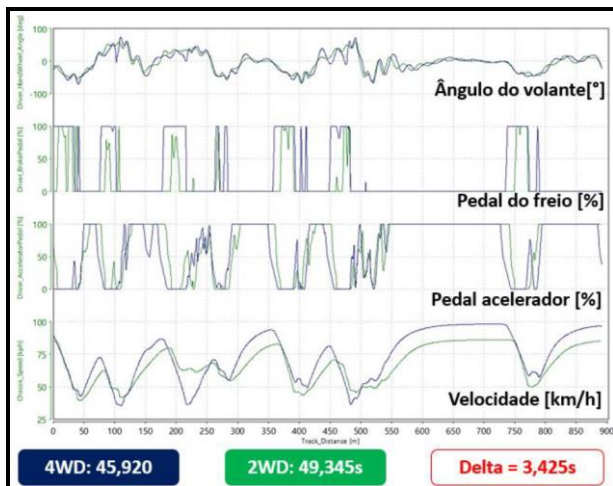


Figura 3 – Comparando os modelos 2WD e 4WD

Mesmo ainda sem analisar todos os dados adquiridos com as simulações, é possível comprovar a eficiência da vetorização por meio de pesquisas já realizadas por outras instituições, como é o caso do estudo realizado pela universidade de Cranfield, no Reino Unido, que fez análises ao combinar velocidade, ângulo de esterçamento e taxa de guinada com regulação da temperatura do motor em um veículo com tração individual nas quatro rodas. [3].

Analisou-se o veículo em um cenário de curva extrema. Neste cenário, o carro estava percorrendo seu trajeto com uma velocidade alta, quando de repente realiza uma curva para a esquerda. O veículo estava a uma velocidade de 120km/h e foi aplicado um ângulo de esterçamento de 10 graus nas rodas ao realizar a curva. Além disso, assume-se que as temperaturas do motor atingem condições de estabilidade no momento de realizar a curva, e que o piloto não realiza nenhuma ação para frear ou acelerar o veículo.

Na Figura 4, observam-se dois gráficos. No gráfico (a), a velocidade está representada no eixo vertical (na unidade km/h), enquanto o tempo está no eixo horizontal (em segundos). Já no gráfico (b), o ângulo de esterçamento está escrito no eixo vertical (na unidade graus) e o tempo está no eixo horizontal (em segundos). Em ambos, há a presença do veículo equipado com a vetorização de torque, como a presença do veículo que não regula a temperatura dos motores e a presença do veículo sem o sistema de torque vetorial.

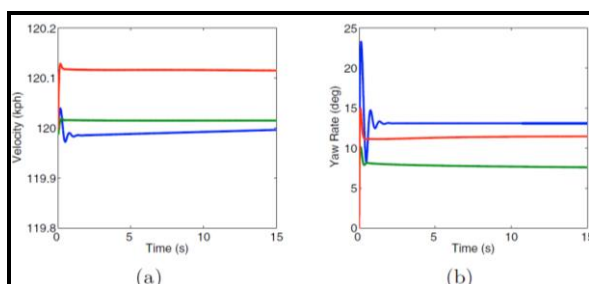


Figura 4 – Gráfico da Velocidade e Esterçamento Versus Tempo

Ainda tratando-se da figura 4, as linhas azuis correspondem ao veículo sem o sistema de controle, as linhas vermelhas representam o veículo com sistema vetorial de torque e as linhas verdes o veículo que não regula a temperatura de seus motores.

Nota-se que os veículos com sistema de controle apresentaram melhor resposta, se comparados com veículo que não apresenta sistema de controle, cujo apresenta algumas oscilações de velocidade e esterçamento.

## 5. Conclusões

Devido ao inquestionável crescimento exponencial dos veículos com propulsão elétrica ou híbrida nos últimos anos, aumentou-se a procura por tecnologias que tornam esses tipos de veículos cada vez mais eficientes, como é o caso da vetorização de torque.

Após todo estudo teórico realizado na parte de referências bibliográficas, a grande expectativa para a conclusão deste trabalho é comprovar, por meio das simulações realizadas no software VSM, que ao adotar um sistema de controle com tração individual para cada roda, o veículo fique mais veloz e também mais seguro, uma vez que facilita a capacidade do veículo realizar manobras, reduzindo os riscos de ocorrerem acidentes.

Ademais, é importante ressaltar que o conhecimento adquirido por esta pesquisa será essencial para a Equipe do Fórmula FEI conseguir implementar, futuramente, no veículo de competição de fórmula SAE, este sistema de vetorização de torque.

## 6. Referências

- [1] HAJ-ASSAAD. (09 de Maio de 2017). *What Is Torque Vectoring?* Fonte: AutoGuide: <https://www.autoguide.com/auto-news/2017/05/what-is-torque-vectoring-.html>
- [2] AVL VSM™ Vehicle Simulation. (s.d.). Fonte: AVL: <https://www.avl.com/-/avl-vsm-4->
- [3] KAMPANAKIS, A.; SIAMPIS, E.; VELENIS, E; LONGO, E. (2016). A torque vectoring optimal control strategy for combined vehicle dynamics performance enhancement and electric motor ageing minimization. *IFAC-PapersOnLine, Volume 49, Issue 11, 412-417.*

## Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI por ter permitido a realização desta pesquisa, ao aluno João Bruno e ao professor doutor Renato Giacomini, que foram cruciais para o desenvolvimento do projeto.

<sup>1</sup> Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto PBIC024/21 com vigência de 08/2021 a 07/2022.