

MODELO MATEMÁTICO PARA SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

João Victor Moreira Rocha dos Santos¹, Fernando Fusco Rovai²
^{1,2} Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
 joaotkss@outlook.com; fusco800@hotmail.com

Resumo: O desenvolvimento dos motores de combustão interna é historicamente realizado através de ensaios experimentais. A experimentação impacta negativamente em custo e prazo, dificultando a otimização de tecnologias conhecidas e a implementação de novas soluções. A simulação numérica dos motores de combustão interna a partir de um modelo matemático confiável é uma ferramenta imprescindível ao desenvolvimento competitivo dos motores de combustão interna.

1. Introdução

O objetivo do projeto é a construção de um modelo matemático do motor de combustão ciclo Otto da equipe de competição Fórmula FEI utilizando o software AVL Cruise M®. Dois modelos diferentes serão simulados e comparados. O primeiro modelo será configurado em condições ambiente padrão e alguns componentes com características reais do motor, porém, não será utilizado nenhum atuador para otimizar o desempenho em termos de performance. No segundo modelo matemático serão consideradas as mesmas condições ambiente padrão e configurações dos componentes, entretanto, serão utilizados atuadores que alteram os parâmetros do motor buscando a otimização da performance, demonstrando a utilidade da simulação numérica e da prototipagem virtual na concepção de novos produtos. Vale ressaltar que todas as simulações foram realizadas em plena carga (WOT - *Wide Open Throttle*), ou seja, com a válvula de borboleta totalmente aberta, que maximiza a entrada da mistura ar-combustível durante o processo de admissão. Nesse modelo matemático específico dar-se-á ênfase a duas características de desempenho no motor de combustão interna: potência e torque.

A competição de fórmula estudantil (FSAE) tem várias provas dinâmicas, com isso requer das equipes diferentes ajustes, acertos e dados de parametrização experimentais do motor. Através do software pode-se simular diferentes condições de performance do motor e definir a melhor aplicação possível para as provas baseando-se em quais condições o motor e seus componentes serão submetidos. Além disso, é possível obter resultados de simulações dos componentes do motor e suas características em diferentes condições, o que varia conforme o que os desenvolvedores do modelo necessitam e queiram executar.

2. Metodologia

A etapa de construção do modelo matemático exige a implementação das informações relevantes ao desenvolvimento do modelo matemático do motor de acordo com a codificação específica do software de simulação. Inicialmente será desenvolvido um modelo matemático genérico, de acordo com os manuais dos softwares AVL Boost® que se concentra em simulações de motores de combustão interna e gases de escape e o software AVL CRUISE M® que é focado em simulação e condições veiculares, que possui em uma das suas atribuições a simulação de modelos numéricos de motores de combustão interna. A etapa referente ao levantamento dos dados do motor visa obter curvas de performance (publicadas ou medidas), dados dimensionais e de projeto do motor experimental. Estas informações serão implementadas no modelo matemático. O modelo matemático deverá ser aprimorado ao longo de todo o trabalho com a finalidade de se obter uma correlação consistente entre o motor experimental e seu respectivo modelo matemático. Para esta correlação os resultados da simulação serão comparados aos dados experimentais conhecidos do motor. A partir das discrepâncias encontradas entre o modelo matemático e o motor real devem-se aplicar os devidos ajustes ao modelo matemático para se obter um modelo calibrado que represente de maneira consistente o motor experimental. O desenvolvimento do modelo matemático confiável permitirá a simulação de diversas variáveis (por exemplo: avanço de ignição, ângulo de virabrequim, comprimento do coletor de admissão, taxa de compressão etc.) com o objetivo de otimizar o motor aplicado atualmente às demandas específicas dos carros de competição acadêmica.

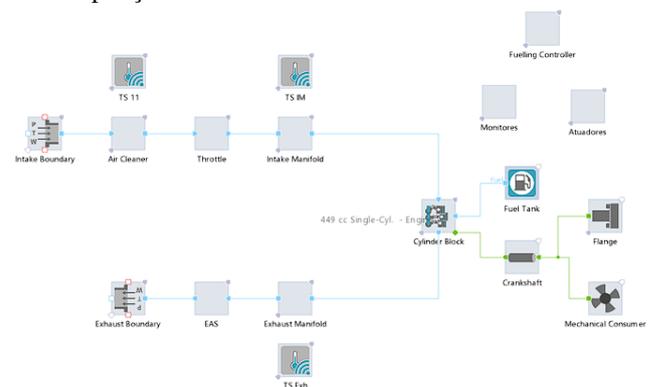


Figura 1 – Modelo Matemático (AVL Cruise M®).

3. Resultados

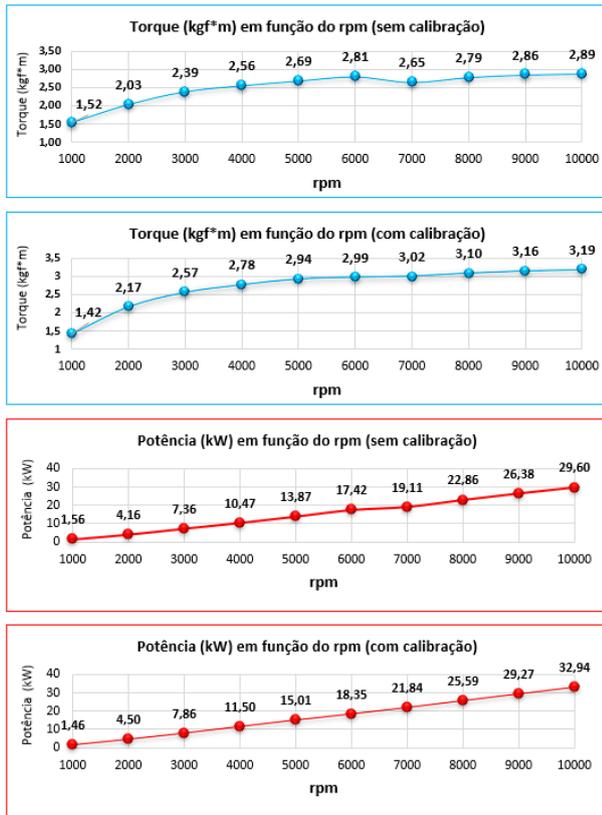


Figura 2 – Curvas de Performance

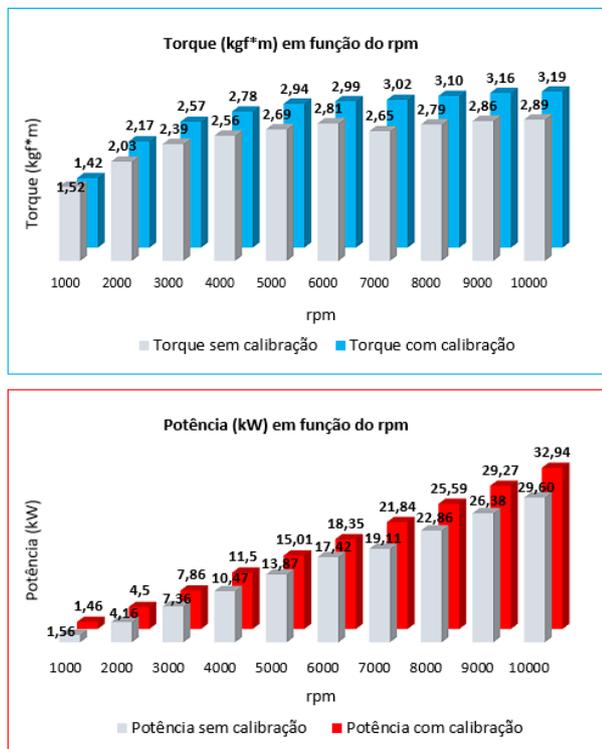


Figura 3 – Comparativo de Performance

As propostas de alteração desenvolvidas ao longo do projeto resultaram objetivamente na alteração das características originais do motor: aumento de 0,30 kgf*m de torque e aumento de 3,34 kW de potência. O motor utilizado foi o Yamaha WR450f.

4. Conclusões

Os resultados obtidos nas curvas de performance foram bastante próximos da realidade, sempre deixando a possibilidade de aperfeiçoar o modelo com dados cada vez mais próximos dos dados reais do sistema de propulsão do carro de competição da equipe Fórmula FEI.

Com esse mesmo modelo pode-se aprimorar e reajustar diversos parâmetros para melhorar o desempenho e performance do motor de combustão interna da equipe. Para isso é interessante que os próximos usuários do modelo criado possam estudar e desenvolver soluções de otimização da performance do motor da competição.

5. Referências

- [1] BELLÉR, G., ÁRPÁD, I., KISS, J. T., KOCISIS., **AVL Boost: a powerful tool for research and education**, Journal of Physics: Conference Series 2021.
- [2] SILVA, João Paulo da. **Análise Numérica dos efeitos pulsativos em um motor monocilíndrico turbo alimentado**. 2021. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021.
- [3] PASTORELLI, Pedro Palma. **Análise numérica da implementação de um turbocompressor em motor monocilíndrico para competição Fórmula SAE**. 2015. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pela disponibilidade dos softwares para realização das simulações e pelo material de estudo de motores de combustão interna.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto PBIC012/22 com vigência de 04/2022 a 04/2023.