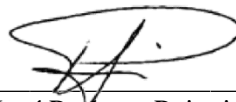


RELATÓRIO DE ENSAIO

AVALIAÇÃO DA ADOÇÃO DO CATALISADOR *BIO BOOSTER* NO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE UM MOTOR FLEX ALIMENTADO COM ETANOL HIDRATADO EM DINAMÔMETRO DE BANCADA EM REGIME TRANSIENTE DE OPERAÇÃO



José Guilherme Coelho Baêta, Dr.
Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG
Coordenador do Centro de Tecnologia da Mobilidade – CTM



Fabrício José Pacheco Pujatti, Dr.
Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG
Pesquisador do Centro de Tecnologia da Mobilidade – CTM

Belo Horizonte, julho de 2021

1 - INTRODUÇÃO

Este relatório de ensaio apresenta os resultados da avaliação da adoção do catalisador *Bio Booster*, base Etanol Anidro, no consumo de combustível de um motor Flex em bancada dinâmométrica, em condições transientes, realizada pela Equipe Técnica do CTM/UFMG para a empresa Horeb Mercosul mediante solicitação de prestação de serviços. Neste relatório está apresentada a metodologia utilizada e os resultados obtidos durante esta avaliação. O motor de ignição por centelha utilizado nos testes foi alimentado com Etanol Hidratado fornecido pela contratante, seguindo um ciclo automático com rotação e carga variáveis e condições transientes. A cada ciclo completo, o consumo total de combustível foi determinado utilizando, para tal, um sistema de medição de consumo gravimétrico. Posteriormente, o combustível utilizado nos testes foi catalisado com a adição do *Bio Booster*, base Etanol Anidro, na concentração de 50 PPM, conforme a recomendação do fabricante do produto (Horeb Brasil), sendo essa a única modificação realizada durante todo o ensaio aqui apresentado. Após esta modificação, o motor foi condicionado durante 50 horas de ensaios, seguindo o mesmo ciclo automático com rotação e carga variáveis e condições transientes. Concluídas as 50 horas de condicionamento, o motor passou por uma nova bateria de ensaios, seguindo o mesmo ciclo automático com rotação e carga variáveis e condições transientes, sendo o consumo total de combustível novamente medido utilizando, para tal, o mesmo sistema de medição de consumo gravimétrico. Desta forma, foi possível fazer uma análise comparativa acerca da influência do referido catalisador na operação do motor em estudo.

2 – METODOLOGIA

A metodologia experimental foi executada nas dependências do Centro de Tecnologia da Mobilidade – CTM/UFMG. Suas etapas estão detalhadas no texto, de acordo com a sequência cronológica de sua realização. As atividades foram iniciadas com a seleção do objeto de prova, sendo escolhido o motor Sigma, fabricado pela Ford, 1,596 litros, 4 cilindros, 4 tempos, naturalmente aspirado, com injeção indireta de combustível multiponto (PFI), ignição estática com centelha perdida, controlado eletronicamente por sistema de gerenciamento eletrônico reprogramável MoTeC M800.



De acordo com o fabricante, este motor desenvolve uma Potência líquida ABNT 110 cv a 6250 rpm (Gasolina) e 115 cv a 5500 rpm (Etanol) e um Torque líquido ABNT de 15,8 kgf.m a 4250 rpm (Gasolina) e 16,2 kgf.m a 4250 rpm (Etanol). Este motor foi disponibilizado pela Equipe Técnica do CTM/UFMG, assim como todos os acessórios necessários à sua operação.

Na sequência, foi realizada a preparação e modificação da sala de ensaios onde realizou-se a adequação do sistema de alimentação de combustível (introdução linhas de polipropileno) para armazenamento e condução das amostras de Etanol Hidratado e Etanol Hidratado agregado ao Catalisador *Bio Booster*, base Etanol Anidro.

Esta intervenção foi necessária para atender à recomendação da Horeb Mercosul de que o produto testado não deveria permanecer em contato com componentes fabricados em aço inoxidável. Além das modificações das linhas, foi instalada na sala de ensaios uma balança digital e um reservatório de 50 litros, quantidade suficiente para realizar cada ciclo automático.

Posterior às modificações na sala de ensaios foi realizada a instalação do motor no dinamômetro de bancada do laboratório CTM-UFMG. Nesta etapa de instalação, além da montagem dos componentes mecânicos, foi feita toda a instrumentação necessária na sala de provas.

A primeira fase dos testes consistiu na verificação das estratégias de controle eletrônico do motor, uma vez que se adotou um sistema de gerenciamento eletrônico reprogramável (MoTeC M800). Na sequência, o motor passou por um ciclo de amaciamento e rodagem recomendado pelo fabricante, visando garantir o pleno atingimento da sua condição de funcionamento e, na sequência, foi caracterizado em configuração original e utilizando Etanol Hidratado (E100) como combustível sem a adição de *Bio Booster*. O objetivo desta fase foi verificar as condições iniciais do objeto de prova e criar uma referência do comportamento do motor (*Baseline*) utilizada como referência para a verificação ao longo dos testes.

O ciclo automático configurado no dinamômetro foi elaborado com base nas condições de uso de um motor de combustão interna em vias públicas, com rotação e carga variáveis ao longo do tempo. Tem uma duração total de 2 horas e 48 minutos, nos quais o motor opera em diferentes condições de rotação e carga que vão desde a rotação de 850 RPM (marcha lenta) até 4250 RPM e cargas de 0 a 100% de abertura de borboleta, simulando a troca de marchas e paradas em sinais de trânsito.



O consumo de combustível foi aferido ao final de cada ciclo completo, sendo o valor final obtido pela diferença entre a massa inicial e final de combustível medido pelo sistema gravimétrico utilizado nos testes. Este sistema conta com uma balança digital com capacidade nominal de 60 kg e resolução de 0,02 kg. Cabe ressaltar que o início da medição do combustível foi realizado após a partida e a fase de aquecimento do motor, iniciando cada ciclo com o motor em regime de operação e temperaturas do sistema de arrefecimento e do óleo lubrificante estabilizadas.

Foram realizados inicialmente dois ciclos consecutivos de medição com o motor alimentado com Etanol Hidratado sem a adição do catalisador *Bio Booster*, base Etanol Anidro, sendo estes resultados utilizados como referência de consumo do motor. Calculou-se a média aritmética dos resultados obtidos nos dois ciclos consecutivos de medição.

Seguindo a recomendação da Horeb Mercosul, a equipe técnica do CTM realizou um condicionamento do motor, utilizando o Etanol Hidratado agregado ao catalisador *Bio Booster*, base Etanol Anidro (E100 ANI) durante 50 horas de teste, de acordo com o ciclo automático utilizado na medição do consumo de combustível.

Ao término do período de condicionamento (50 horas), foram então realizados dois ciclos consecutivos de medição com o motor alimentado com Etanol Hidratado Combustível agregado ao catalisador *Bio Booster*, base Etanol Anidro, sendo estes resultados utilizados para determinar a diferença de consumo obtida com a utilização do referido produto. Calculou-se novamente a média aritmética dos resultados obtidos nos dois ciclos consecutivos de medição, sendo estes resultados comparados aos obtidos na etapa anterior.

Finalizadas as provas experimentais, foi feito o tratamento dos dados adquiridos em todos os testes, fato que possibilitou a posterior elaboração dos gráficos e resultados, sendo estes apresentados a seguir.



3 – RESULTADOS

Os resultados obtidos com o motor operando em ciclo transiente estão apresentados na Tabela 1. Estão apresentados os valores obtidos com a média de consumo mássico de combustível, sendo os resultados do motor alimentado com Etanol Hidratado sem o catalisador (E100), bem como os resultados obtidos com o motor alimentado com o Etanol Hidratado agregado ao catalisador *Bio Booster*, base Etanol Anidro. Os resultados foram divididos por ciclo de medição. Foram controlados também os valores de temperatura do ar de admissão, do líquido de arrefecimento na saída do motor e do óleo lubrificante no cárter do motor de modo a tornar possível a comparação de consumo de combustível em condições similares.

Tabela 1. Valores de consumo de combustível obtidos em cada ciclo transiente com o motor alimentado com Etanol Hidratado (E100) e com Etanol Hidratado agregado ao *Bio Booster*, base Etanol Anidro (E100 ANI).

Etanol Hidratado original (E100)			
	Massa Inicial	Massa Final	Diferença
1º Ciclo	39720 g	23440 g	16280 g
2º Ciclo	33040 g	16780 g	16260 g
Média			16270 ± 10 g
Etanol Hidratado catalisado com <i>Bio Booster</i> , Base Anidro (E100 ANI)			
	Massa Inicial	Massa Final	Diferença
1º Ciclo	20140	3100	17040
2º Ciclo	26760	9720	17040
Média			17040 ± 10 g

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório de ensaio apresenta os resultados da avaliação da adoção do catalisador *Bio Booster* no consumo de combustível de um motor de ignição por centelha, alimentado com Etanol Hidratado em dinamômetro de bancada seguindo um ciclo transiente.

Neste relatório está apresentada a metodologia utilizada e os resultados obtidos durante esta avaliação. O combustível testado foi o Etanol Hidratado adquirido na Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG em sua condição original e catalisado com a adição do *Bio Booster*, fornecido pela contratante e na concentração de cinquenta partes por milhão (50 PPM), sendo essa a única modificação realizada durante todo o ensaio aqui apresentado.

Após 50 horas de operação do motor com o Etanol Hidratado agregado ao catalisador *Bio Booster*, base Etanol Anidro, foi verificada uma redução de 4,5% (770 g) no consumo total de combustível no ciclo transiente utilizado.

