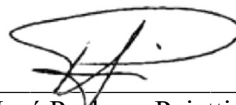


RELATÓRIO DE ENSAIO

DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CATALISADOR GREEN PLUS NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE VEÍCULOS DE PASSEIO



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



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

Belo Horizonte, dezembro de 2020

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório de ensaio apresenta as atividades realizadas e os resultados obtidos durante a determinação da influência do catalisador Green Plus na eficiência energética de veículos de passeio. Este ensaio foi realizado a partir da medição do consumo de combustível, executadas pela equipe técnica do CTM/UFMG de forma experimental e em condições controladas (Autódromo) utilizando veículos nacionais de diferentes modelos/fabricantes e dotados de tecnologia multicomcombustível (Flex). Tais veículos foram testados em condições simuladas de trânsito urbano visando determinar, de forma comparativa, a influência da adoção do catalisador Green Plus no consumo de combustível e, conseqüentemente, na eficiência energética destes veículos. Os dados aqui apresentados refletem o comportamento do veículo utilizando após a modificação do motor, nas condições testadas e apresentadas neste relatório.

2 – METODOLOGIA

A metodologia utilizada no ensaio descrito nesse relatório foi dividida em 4 etapas para melhor entendimento e descritas a seguir. Para tal, foi disponibilizada uma equipe técnica qualificada e vinculada ao Centro de Tecnologia da Mobilidade – CTM/UFMG, sendo a medição e análise dos dados de consumo realizada pela equipe técnica do CTM/UFMG.

2.1.DEFINIÇÃO DO OBJETO DE PROVA:

Os objetos de prova utilizados neste estudo foram 10 veículos fabricados no Brasil, cujas marcas e modelos foram escolhidos de acordo com o número total de veículos vendidos no país, de acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA, optando-se pelos modelos mais vendidos no segmento *Hatch* compacto. Os veículos escolhidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Detalhamento dos objetos de prova.

Identificação	Marca	Modelo	Ano Fabricação	Ano Modelo	Motorização	Combustível utilizado	Quilometragem inicial [km]
Carro #1	Hyundai	HB20	2019	2019	1.0 12V Flex	Etanol	62.692
Carro #2	Hyundai	HB20	2013	2014	1.0 12V Flex	Gasolina	102.315
Carro #3	Ford	Ka	2018	2018	1.0 12V Flex	Gasolina	100.180
Carro #4	Ford	Ka	2018	2018	1.0 12V Flex	Etanol	42.100
Carro #5	Fiat	Argo	2020	2020	1.0 6V Flex	Gasolina	16.012
Carro #6	Fiat	Argo	2019	2019	1.0 6V Flex	Etanol	50.089
Carro #7	Renault	Sandero	2014	2014	1.0 16V Flex	Gasolina	60.200
Carro #8	Renault	Sandero	2015	2016	1.0 16V Flex	Etanol	68.733
Carro #9	Chevrolet	Onix	2019	2019	1.0 8V Flex	Etanol	46.300
Carro #10	Chevrolet	Onix	2017	2018	1.0 8V Flex	Gasolina	53.078

Concluída a escolha dos modelos, a equipe técnica do CTM/UFMG realizou a seleção dos veículos e realizou a contratação formal dos motoristas, que passaram por um treinamento introdutório sobre o projeto, apresentaram e disponibilizaram seus veículos para uma inspeção técnica preliminar.

Nessa inspeção foram verificados os subsistemas principais de cada veículo, em especial, pneus (marca/modelo/desgaste), sistema de freio (nível de desgaste), sistema de arrefecimento (condições gerais), sistema de embreagem (nível de desgaste) e sistema de escapamento (aspecto geral e estanqueidade).

Estes veículos passaram ainda por uma revisão de itens associados ao motor, sendo substituídos aqueles que se encontravam com vencimento no período do teste, tais como óleo lubrificante do motor, filtro de óleo do motor, Filtro de ar de admissão, Filtro de combustível, Velas de ignição, ou que eventualmente pudessem apresentar problemas ou atingir o final de vida útil antes da conclusão dos ensaios, tais como pastilhas de freio, pneus, embreagem.

Esses veículos foram divididos em dois grupos, nos quais 5 veículos foram abastecidos com gasolina comum e os outros 5 abastecidos com etanol hidratado, ambos combustíveis fornecidos pela ALESAT. O primeiro abastecimento de cada veículo foi realizado com uma amostra do combustível adquirido para os testes, cujo objetivo foi a ambientação do reservatório e auto ajuste do sistema multicomcombustível. Cada veículo circulou em vias públicas por mais de um dia e consumiu, no mínimo, 30 litros de combustível.

Concluída a etapa de seleção e preparação e ambientação dos veículos, os mesmos foram direcionados para o autódromo MegaSpace em Santa Luzia/MG, onde os motoristas passaram por um treinamento específico, momento no qual foram orientados e apresentados ao ciclo de condução e todas as normas de segurança para a condução dos veículos no autódromo. Foram ainda treinados e orientados quanto ao uso dos instrumentos de comunicação e devidamente identificados por números, de acordo com a Tabela 1.

Em paralelo ao treinamento, a Equipe Técnica do CTM/UFMG realizou a drenagem do reservatório de combustível de cada veículo, utilizando para tal o próprio sistema de bombeamento original do veículo. Neste momento, o veículo foi posicionado em uma área nivelada e mantido nesta posição durante toda a remoção do combustível.

Finalizada a drenagem dos reservatórios de combustível, cada um dos veículos foi abastecido utilizando um sistema gravimétrico de medição, desenvolvido pela equipe técnica do CTM/UFMG (balança digital, reservatório e bomba elétrica de transferência), no qual se



controlou a massa de combustível inserido no tanque. Mediu-se ainda, para cada amostra de combustível, a sua densidade e temperatura. Dessa forma, controlou-se o volume inicial de combustível inserido em cada veículo antes do início dos testes.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DA FROTA:

Essa etapa de testes foi realizada com os veículos abastecidos com o combustível original, sendo os resultados obtidos denominados como “Linha Base”. Os veículos foram direcionados ao autódromo MegaSpace, no qual a equipe técnica do CTM/UFMG demarcou um ciclo de condução com indicações fixas de troca de marchas e um ponto de parada obrigatória. A Figura 1 apresenta uma vista aérea da pista, juntamente com a indicação dos pontos de troca de marcha, sinalizados pela quantidade e posição de cones distribuídos ao longo do circuito (indicação da marcha a ser utilizada). A pista foi utilizada no sentido anti-horário (setas indicativas), sendo o início indicado na Figura 1.



Figura 1: Vista aérea da pista utilizada para a medição do consumo e indicação dos pontos de troca e de marcha inserida (cones).

De acordo com o responsável pelo Autódromo MegaSpace, a distância percorrida a cada volta é de, aproximadamente, 2.600 metros (2,6 km). Com o objetivo de simular uma condição de trânsito urbano, o tempo médio de cada volta foi controlado pela equipe técnica do CTM/UFMG entre 200 e 220 segundos e inserida uma parada obrigatória a cada volta.

Nestas condições, os 10 veículos percorreram uma distância superior a 700 km, distribuídos em 3 dias consecutivos de testes, nos quais foram mantidos em tempo integral no autódromo e circulando somente em condições controladas. Ao término do 1º e 2º dias, os veículos foram reabastecidos com uma quantidade conhecida de combustível, mantendo-se os reservatórios com pelo menos 25% de suas capacidades.

Ao término da rodagem mencionada (final do 3º dia), os veículos foram novamente posicionados sobre o mesmo pavimento plano e reto e, na sequência, drenou-se o restante do combustível presente no tanque de combustível de cada um deles, utilizando-se novamente o sistema original de pescagem e envio de combustível (bomba elétrica de combustível).

O volume consumido de combustível foi determinado a partir da diferença entre a massa de combustível introduzida (abastecimentos controlados) e retirada do tanque ao término do percurso no autódromo, multiplicada pela densidade de cada amostra.

2.3. CONDICIONAMENTO DA FROTA:

Concluída a etapa classificada como “Linha Base” foi iniciada a etapa de condicionamento dos veículos uma vez que, de acordo com Horeb Brasil e dos testes já realizados com o catalisador Green Plus, é necessário um período de uso contínuo dos combustíveis agregados com o catalisador Green Plus para se atingir o seu maior desempenho.

Nesta etapa os dois grupos de veículos foram mantidos, sendo os mesmos 5 veículos abastecidos com gasolina comum + catalisador Green Plus e os outros 5 abastecidos com etanol hidratado + catalisador Green Plus, fornecidos pela ALESAT (combustíveis) e pela Horeb Brasil (Green Plus). De acordo com a Horeb Brasil, a concentração do Green Plus utilizada nos testes foi de 50 PPM. O catalisador Green Plus foi fornecido em quantidade suficiente para catalisar o combustível utilizado nos testes descritos na Etapa 2.4. Seguindo às informações contidas no rótulo do produto, foram adicionados 77 mL para cada 1.000 litros de combustível.

A partir do início do período de condicionamento, os veículos percorreram uma distância de, no mínimo, mil e setecentos quilômetros (1.700 km) utilizando os combustíveis agregados com o catalisador Green Plus, em 10 dias de trabalho ininterruptos. Para percorrer a distância prevista na etapa de condicionamento, os veículos utilizaram vias públicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG (RMBH), sendo abastecidos exclusivamente nas dependências do CTM/UFMG pela sua equipe técnica.

A cada abastecimento, foram controladas a distância total percorrida por cada veículo e volume de combustível fornecido a cada abastecimento. Este controle foi realizado exclusivamente como ferramenta de acompanhamento do processo de condicionamento. O acompanhamento contou ainda com a utilização de rastreadores via satélite, disponibilizados pela empresa ALESAT, visando um maior controle das condições de utilização dos veículos durante as etapas.



2.4 . CARACTERIZAÇÃO DA FROTA COM GREEN PLUS:

Concluída a etapa de condicionamento da frota, os veículos e respectivos motoristas foram novamente conduzidos ao mesmo autódromo utilizado na Etapa 2.2. No autódromo, os motoristas passaram novamente pelo treinamento e reapresentados ao ciclo de condução e à todas as normas de segurança para a condução dos veículos. Este ciclo de condução foi o mesmo utilizado na Etapa 2.2 (Figura 1), visando repetir as condições e permitir a análise comparativa da influência do catalisador Green Plus no consumo de combustível dos veículos.

Em paralelo ao treinamento, a Equipe Técnica do CTM/UFMG realizou novamente a drenagem do combustível, utilizando para tal o próprio sistema de bombeamento original do veículo, mantendo-o em uma área nivelada durante todo a remoção do combustível.

Finalizada a drenagem, foi novamente realizado o abastecimento dos veículos com os combustíveis agregados ao catalisador Green Plus, utilizando o mesmo sistema gravimétrico de medição desenvolvido pela equipe técnica do CTM/UFMG. Cada veículo abastecido foi então liberado para a pista após o controle do seu hodômetro parcial e total, bem como o repasse das orientações de condução na pista.

Assim como na Etapa 2.2, os veículos foram mantidos na pista do autódromo durante todos os dias de teste e conduzidos aos boxes, de forma escalonada, em momentos previamente estabelecidos para que o veículo fosse inspecionado, através da medição das emissões de poluentes pela equipe técnica da Horeb Brasil, e para que o condutor pudesse realizar um breve descanso e hidratação.

O consumo de cada veículo foi determinado novamente a partir da diferença entre a massa de combustível introduzida na fase de abastecimento e retirada do tanque após o termino do percurso do autódromo, sendo o volume determinado pela massa e densidade medidas em cada amostra.

O consumo de combustível de cada veículo foi então calculado pela divisão da distância percorrida e o volume de combustível consumido ao percorrer essa distância. Estes valores foram expressos em quilômetros por litro (km/L) e informados no “Item 3. Resultados” deste relatório.



3 – RESULTADOS

Os veículos selecionados foram testados de acordo com a metodologia apresentada. A incerteza da medição do consumo de combustível é proveniente da combinação das incertezas da medição da distância total percorrida, da medição da massa de combustível e da medição da densidade do combustível. A combinação dessas incertezas resultou em uma incerteza de +/- 1,5% do valor do consumo de combustível.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos com a aplicação da metodologia apresentada, para cada veículo testado utilizando o combustível original e o combustível catalisado com Green Plus.

Tabela 2. Resultado dos testes de consumo de combustível em pista.

Identificação	Marca	Modelo	Ano Fab./Mod.	Combustível utilizado	Consumo de Combustível [km/L]		
					Original	Green Plus	Diferença
Carro #1	Hyundai	HB20	2019/2019	Etanol	9,0	9,8	8,8% ⁽¹⁾
Carro #2	Hyundai	HB20	2013/2014	Gasolina	12,5	13,1	4,6% ⁽²⁾⁽³⁾
Carro #3	Ford	Ka	2018/2018	Gasolina	12,3	13,5	9,5%
Carro #4	Ford	Ka	2018/2018	Etanol	8,4	8,2	- 2,0% ⁽⁴⁾
Carro #5	Fiat	Argo	2020/2020	Gasolina	11,3	12,8	13,6% ⁽⁵⁾
Carro #6	Fiat	Argo	2019/2019	Etanol	8,9	9,9	10,8% ⁽⁶⁾
Carro #7	Renault	Sandero	2014/2014	Gasolina	10,3	10,9	5,6% ⁽⁶⁾
Carro #8	Renault	Sandero	2015/2016	Etanol	8,4	9,3	11,8%
Carro #9	Chevrolet	Onix	2019/2019	Etanol	10,1	10,6	4,9%
Carro #10	Chevrolet	Onix	2017/2018	Gasolina	13,5	14,5	7,4% ⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Veículo demandou troca das pastilhas de freio durante a Etapa 2.3. Substituição realizada pela equipe técnica do CTM/UFMG por componente da mesma marca/modelo do removido;

⁽²⁾ Veículo demandou troca do sensor de velocidade durante a Etapa 2.2. Substituição realizada por componente de mesma medida, marca e modelo do componente removido.

⁽³⁾ Distância total percorrida determinada pelo número de voltas no circuito durante os testes;

⁽⁴⁾ Veículo demandou troca dos pneus dianteiros durante a Etapa 2.4. Substituição realizada por componente de mesma medida, porém de marca e modelo diferentes do componente removido, visto que não foram encontrados no mercado pneus da mesma marca e modelo;

⁽⁵⁾ Veículo demandou troca dos pneus dianteiros durante a Etapa 2.4. Substituição realizada por componente de mesma medida, marca e modelo do componente removido.

⁽⁶⁾ Veículo demandou troca dos pneus dianteiros durante a Etapa 2.3. Substituição realizada por componente de mesma medida, marca e modelo do componente removido.

⁽⁷⁾ Veículo demandou troca das pastilhas de freio durante a Etapa 2.2. Substituição realizada pela equipe técnica do CTM/UFMG por componente da mesma marca/modelo do removido;

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório de ensaio apresenta os resultados da avaliação da utilização do catalisador Green Plus no consumo de combustível de veículos de passeio com tecnologia multcombustível e fabricados no Brasil, 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. Os objetos de prova foram selecionados a partir de uma análise de mercado sendo, estes, amostras dos modelos mais vendidos no Brasil e equipados com os motores mais modernos em produção para cada modelo.

Os números de consumo de combustível de cada veículo foram determinados após uma distância mínima de setecentos quilômetros (700 km) rodados em condições controladas e cíclicas, visando reduzir as influências sazonais encontradas em vias públicas. A incerteza associada aos valores de consumo é de $\pm 1,5\%$, cuja principal fonte de erro está na medição da distância total percorrida pelos veículos.

Cabe destacar que a demanda por troca de componentes durante os testes, conforme descrito na Tabela 2, não estava prevista e pode promover mudanças no objeto de prova a ponto de influenciar no valor final do consumo medido. Por essa razão, quando possível, a troca foi realizada por componentes similares (mesma marca, modelo, dimensão, aplicação) e seguindo o procedimento recomendado pelo fabricante do veículo, visando minimizar a influência deste procedimento no objeto de prova. As trocas de componentes somente foram realizadas nos casos em que a segurança dos participantes foi comprometida e a troca foi inevitável.

Em especial, o objeto de prova identificado como “Carro #4” apresentou um desgaste acentuado dos pneus dianteiros inicialmente aplicados, demandando sua substituição. Como a marca do referido componente é de baixo volume produtivo, não foram encontrados pneus de mesma marca e modelo, mantendo-se apenas a medida dos mesmos e a característica do seu processo de fabricação (*Remold*). Este fato é relevante no que tange a promoção de mudanças no objeto de prova sendo, portanto, considerado pela Equipe Técnica do CTM/UFMG que o valor do consumo de combustível encontrado fruto da combinação de mais de um fator, cuja natureza não foi determinada. Dessa forma, a incerteza associada à esta medição não pôde ser determinada e exprime apenas o resultado dos fatores controlados e monitorados durante os testes. Dessa forma, o mensurando apresentado foi considerado como não representativo dentre os demais valores encontrados nos testes realizados.

