

ANÁLISE DAS EMISSÕES DE POLUENTES DE MOTORES FLEX NA SAÍDA DO ESCAPAMENTO DE AUTOMÓVEIS

BRUNA RAFAELLA LOIOLA¹, EZEQUIEL COSTA MALATEAUX DA SILVA¹,
GABRIELA LUJAN BROLLO^{1*}, & RODRIGO BATISTA TOMAZINI¹

¹Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP

*e-mail do autor correspondente: gbrollo@gmail.com

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo a pesquisa sobre a emissão de poluentes pelos motores FLEX na saída do escapamento de automóveis quando estes são abastecidos com álcool e com gasolina. A motivação deste trabalho vem do fato que tal motor apresenta desempenho inferior ao desempenho dos motores exclusivos a cada um desses combustíveis. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o funcionamento dos motores FLEX, que permitiu a análise das emissões de tal motor, além de uma pesquisa de opinião, com professores da Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP, sobre os diferentes tipos de motores. Concluiu-se que o baixo rendimento do carro FLEX resulta em um maior consumo de combustível, implicando em maior emissão de poluentes na saída do escapamento.

PALAVRAS-CHAVES: Motor flex-fuel, etanol, poluentes.

ANALYSIS OF POLLUTANTS EMISSIONS IN FLEX ENGINE IN THE CAR EXHAUST OUTLET

ABSTRACT: This study aims to research on the emission of pollutants from engine exhaust FLEX output of cars when they are supplied with alcohol and gasoline. The motivation for this work comes from the fact that this engine has a worse performance than engines developed to work with a unique fuel. We performed a literature search about the functioning of FLEX engines, which permitted the analysis of emissions of this engine and an opinion research with some professors of the Faculty of Mechanical Engineering /UNICAMP, about the different types of engines. It was concluded that the low performance of FLEX cars results in higher fuel consumption, resulting in increased emission of pollutants in the exhaust outlet.

INTRODUÇÃO

Nos grandes centros urbanos do país, a concentração de milhares de veículos gera toneladas de gases poluentes por dia, tornando-se o principal fator de degradação da qualidade do ar. Os principais poluentes lançados na atmosfera pelos veículos automotores são provenientes de processos de combustão incompleta (Cayres, 2006).

No Brasil, a norma que regulamenta a emissão de poluentes é a NBR 6601 (ABNT, 2005), sendo considerados poluentes os gases CO, HC (como o metano), NO_x e RCHO

(aldeídos). O dióxido de carbono (CO₂), embora seja um gás estufa, não é considerado um poluente.

No início dos anos 2000, começaram a ser comercializados veículos FLEX no Brasil, capazes de serem abastecidos com gasolina e álcool. Estes passaram a ser vistos como uma oportunidade para a diminuição da poluição, uma vez que pode ser abastecido com etanol, um combustível renovável e teoricamente menos poluente do que a gasolina.



O motor FLEX possui apenas um tanque de armazenagem. Dessa forma, no processo de combustão, ocorre a queima simultânea dos dois combustíveis distintos. Nesse tipo de motor, a taxa de compressão (índice que mede o quanto a mistura de ar e combustível é comprimida antes de explodir) é intermediária entre os motores a gasolina e os motores a etanol. Em geral, o derivado do petróleo trabalha com uma taxa de compressão de 9:1 (o volume original é reduzido 9 vezes), enquanto o combustível de cana-de-açúcar opera em 12:1. Os carros FLEX usam uma taxa ao redor de 11:1 (Carrosnaweb, 2011).

Assim, o grande problema dos motores FLEX consiste no fato de que ele não consegue se adaptar completamente ao combustível que está sendo utilizado. Por exemplo, no caso da gasolina, o tempo de compressão será maior que o necessário, fator que levará à utilização de maior quantidade de gasolina, emitindo desta forma, mais óxidos de nitrogênio em sua queima. Se, por sua vez, o etanol for utilizado como combustível ocorrerá combustão incompleta, o que resultará em maior emissão de monóxido de carbono na atmosfera.

Soma-se a esta afirmação o fato de que vários engenheiros e pesquisadores (dentre os quais, diversos criadores do Proálcool) alegam que o motor FLEX foi desenvolvido visando principalmente o consumo de gasolina, apresentando baixa eficiência para o consumo de álcool. Além disso, uma pesquisa alega que 8 dos 14 carros mais poluentes à venda no Brasil são movidos a álcool (Ministério do Meio Ambiente, 2009).

Poder-se-ia imaginar que o uso de catalisadores resolveria o problema da emissão de poluentes, mas ele resulta apenas na sua redução, e não na sua eliminação.

Assim, o objetivo deste trabalho é efetuar uma pesquisa sobre os poluentes emitidos pelo motor FLEX quando este é abastecido com etanol ou com gasolina, comparando tais resultados ao do motor até então utilizado pela população brasileira, ou seja, o motor dedicado à gasolina.

MATERIAIS E MÉTODOS

No intuito de obtermos mais informações a respeito do motor FLEX, entrevistamos os professores Arsênio Oswaldo SEVA Filho, do Departamento de Energia, assim como o professor Caio Glauco SANCHES, do Departamento de Engenharia Térmica e de Fluidos, ambos da Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP. Perguntamos a tais pesquisadores quais eram suas opiniões com relação à emissão de poluentes dos motores FLEX.

Em seguida, foi realizada uma pesquisa através de documentos da CETESB e da CET, com o intuito de descobrirmos quais são as substâncias poluentes emitidas no escapamento dos automóveis, a partir da queima do etanol ou da gasolina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entrevistas com professores da Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP. Segundo o professor da Faculdade de



Engenharia Mecânica/UNICAMP Caio Glauco SANCHES, o motor FLEX corresponde a uma adaptação de um motor inicialmente criado para operar com tipos de gasolina diferentes, sendo uma solução intermediária. Então sua eficiência de compressão é muito inferior aos motores projetados para os dois combustíveis separados. O professor afirma que, se a eficiência do motor é menor, a combustão será menos completa, havendo uma quantidade maior de emissão de poluentes pelo motor FLEX, na utilização de ambos os combustíveis (álcool ou gasolina).

O professor da Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP, Arsênio Oswaldo Seva Filho, acrescenta que além da maior emissão de poluentes, o baixo rendimento do motor FLEX faz com que se queime mais combustível (para uma mesma quilometragem rodada) quando comparado aos motores a álcool ou a gasolina, ou seja, o carro FLEX queima mais álcool por quilômetro percorrido, o que agrava o efeito das emissões.

Mesmo que os veículos respeitem o cumprimento das normas de emissão de poluentes usadas no país (Euro 5 - Norma europeia de redução das emissões poluentes dos veículos leves), que avalia as emissões com relação à quantidade de produtos de combustão por grama de combustível, o fato de o carro FLEX possuir um pior rendimento em termos de km/l de combustível resulta em emissões superiores aos motores movidos exclusivamente a álcool ou a gasolina. O professor acrescenta que o etanol utilizado no Brasil possui uma parcela considerável de gasolina, o mesmo

acontecendo com relação à gasolina. Desta forma, a diminuição da taxa quilômetro rodado por litro de combustível implicará em um maior gasto dos dois combustíveis, mesmo que, na teoria, o consumidor acredite que abasteceu seu carro unicamente com um combustível. O professor acrescentou, ainda, que uma análise da cadeia produtiva dos combustíveis, compreendendo sua produção e transporte, forneceria mais dados sobre o impacto ambiental destes produtos.

Substâncias Poluentes devido à Combustão da Gasolina e do Etanol. Segundo o Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo (Secretaria do Meio Ambiente – CETESB, 2008), os principais poluentes liberados na queima do etanol e da gasolina são: CO, HC, NO_x e RCHO, mesmos poluentes citados na norma NBR 6601. Desta forma, o presente trabalho se concentrou na emissão destas substâncias.

Partindo de dados da CETESB sobre os fatores médios de emissão dos veículos leves novos (ano de 2007), pode-se construir o gráfico da quantidade de poluentes emitidos para os motores a gasolina e para os motores FLEX quando abastecidos a etanol ou a gasolina (Figura 1).

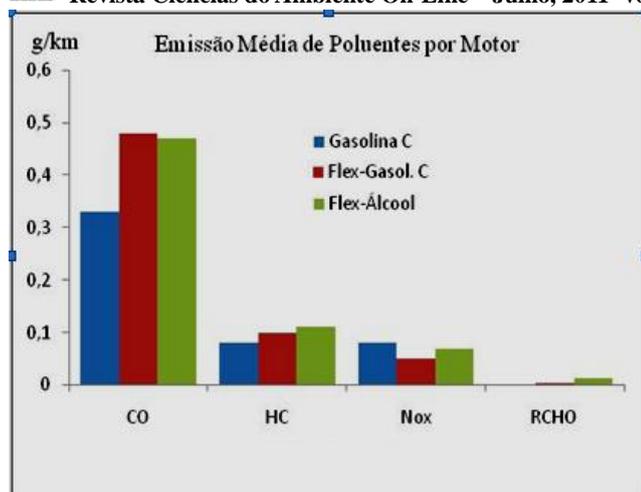


Figura 1: Emissões de poluentes para os motores a gasolina e FLEXN (CETESB)

Através da Figura 1, nota-se que as emissões médias de poluentes nos motores FLEX quando estes são abastecidos por álcool ou gasolina são, à exceção dos óxidos de nitrogênio, sempre superiores às emissões dos motores a gasolina. Também se verifica que as emissões de aldeídos, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono dos motores FLEX quando estes são abastecidos a etanol são superiores às emissões dos mesmos motores quando abastecidos a gasolina.

A alta emissão de CO indica que ocorre combustão incompleta na câmara de combustão dos motores FLEX, o que reduz também seu rendimento. Pesquisas mostram que o desempenho energético do motor FLEX em veículos leves novos é aproximadamente 7% inferior ao desempenho dos motores dedicados a álcool ou a gasolina (BORBA, 2008).

Tais substâncias são consideradas poluentes, pois prejudicam a saúde humana: o monóxido de carbono reage com a hemoglobina nos pulmões humanos, reduzindo a capacidade de transporte de oxigênio aos tecidos, podendo

resultar em morte. Na atmosfera os monóxidos de carbono oxidam, se tornando dióxido de carbono. Os hidrocarbonetos aromáticos estão associados com o surgimento de câncer; o dióxido de nitrogênio pode causar bronquite em crianças e os aldeídos causam irritação nos olhos, nariz e garganta. Além de serem perigosos para a saúde do homem, o metano e os dióxidos de nitrogênio estão entre os quatro gases mais prejudiciais com relação ao crescimento do efeito estufa (o metano tem 20 vezes mais “potencial estufa” que o dióxido de carbono). Além disso, os óxidos de nitrogênio causam irritação em seres humanos e aumentam a acidez da chuva (CET, 1978).

A Figura 2 ilustra a emissão média de gás carbônico por veículos leves.

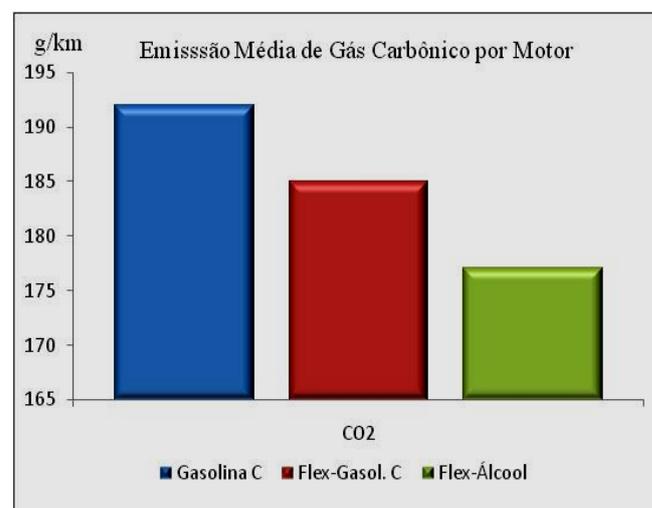


Figura 2: Emissão média de gás carbônico em motores convencionais e FLEX (CETESB)

Verifica-se pela Figura 2 que as emissões de CO₂ dos motores FLEX são inferiores às dos motores convencionais a gasolina. Isto pode ser explicado pelo fato de que ocorre mais combustão incompleta nos motores FLEX que nos motores convencionais.

Diante da pesquisa realizada com os professores da Faculdade de Engenharia Mecânica e através da revisão bibliográfica que nos forneceu dados relativos aos principais poluentes emitidos pelos motores convencionais e pelos motores FLEX, pôde-se compreender o funcionamento desses motores, assim como foi elaborada uma comparação de suas emissões.

Verificou-se que, devido ao fato do motor FLEX operar em uma taxa de compressão intermediária, este não apresenta uma boa queima nem para a gasolina nem para o etanol, o que aumentou a quantidade de monóxido de carbono liberada por tais combustíveis. Devido à maior ocorrência de combustão incompleta, o poder calorífico médio liberado nas câmaras de combustão dos motores FLEX é menor do que nos motores convencionais, fato que reduz sua eficiência. Assim, mais combustível é utilizado para se percorrer a mesma distância, o que justifica o aumento na emissão dos outros poluentes, como os hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e aldeídos por quilômetro rodado.

A combustão incompleta resulta na conversão do combustível em monóxido de carbono, o que explica a redução das emissões de dióxido de carbono nos motores FLEX.

Desta forma, e lembrando que o dióxido de carbono não é poluente, podemos afirmar que, na saída do escapamento de um carro, os motores FLEX são mais poluentes que os motores convencionais a gasolina, afirmação que reitera a análise elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente em 2009, na qual a maioria dos carros mais poluentes possuía motor FLEX.

Pode-se concluir que atualmente todos procuram soluções sustentáveis para o desenvolvimento da população, e muitos acreditam que o carro FLEX é uma destas soluções. Contudo, o presente trabalho mostrou que o baixo rendimento do carro FLEX resulta em um maior consumo de combustível, implicando na maior emissão de poluentes na saída do escapamento dos automóveis.

Sabe-se que o etanol é um combustível mais sustentável que os derivados de petróleo, uma vez que sequestra carbono da atmosfera quando do plantio da cana-de-açúcar (mesmo embora sempre ocorram gastos de óleo diesel no processo de colheita e distribuição do etanol). Contudo, o motor FLEX não pode ser considerado o vetor que, através do etanol, “limpará” as emissões veiculares. A solução para o problema do aumento do efeito estufa não pode resultar, de um ponto de vista ambiental, na emissão de mais poluentes. Tal solução também não pode, de um ponto de vista da engenharia, resultar no uso de um motor de eficiência menor.

Uma real melhoria com relação às emissões de gás carbônico e de poluentes seria a utilização de motores dedicados exclusivamente a álcool, motores que apresentariam maior rendimento que os motores FLEX e, conseqüentemente, menores emissões de poluentes. Tal solução encontra, no entanto, resistência econômica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, Arsênio Oswaldo Seva Filho e Caio



Glauco Sanchez pelas entrevistas que nos foram concedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT- NBR6601. Disponível em:

<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=969>. Acesso em: 03 junho 2011.

BORBA, B. S, Metodologia de Regionalização do Mercado de Combustíveis nos Automotivos no Brasil, p49, Rio de Janeiro, fevereiro de 2008. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/bsborba.pdf> Acesso em : 10 junho 2011.

Carrosnaweb, Motor FLEX, 2011. Disponível em: [http://www.carrosnaweb.com.br/dicasFlex .asp](http://www.carrosnaweb.com.br/dicasFlex.asp) Acesso em: 03 junho 2011.

CAYRES E. B., YUKI H. S., Inspeção veicular e conscientização da população, Revista Ciências do Ambiente, n1, v2, fevereiro de 2006, p. 47-52.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SAO PAULO - CETESB, Fatores médios de emissão de veículos leves novos. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/emissao-veicular/39-tabela-7---fatores-m?dios-de-emiss?o-de-ve?culos-leves---novos-\(1\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/emissao-veicular/39-tabela-7---fatores-m?dios-de-emiss?o-de-ve?culos-leves---novos-(1)) Acesso em: 09 de junho de 2011.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRAFEGO – São Paulo, Poluição Aérea por Veículos Automotores, São Paulo, CET, 1978. Disponível em: <http://cetspl.cetsp.com.br/pdfs /nt/NT002.pdf> Acesso em: 09 junho 2011.

LENÇO, Paulo César, Estudo experimental da formação e emissão do NO_x na combustão do etanol e GLP em uma câmara de combustão cilíndrica, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 2004, 213p.

Ministério do Meio Ambiente, 2009. Disponível em: http://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/sel_marca_modelo_rvep.php Acesso em 02 junho 2011.