

ESTUDO COMPARATIVO DO USO DE ETANOL EM MOTORES ICO PELAS TÉCNICAS DE FUMIGAÇÃO E MISTURA

Carvalho, M. A. S., carvalho.masc@gmail.com¹

Universidade Federal do Oeste Bahiano, Laboratório de Energia, 3º andar. Av. Aristides Novis, nº2, Federação. Salvador/Bahia.

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo comparativo para avaliação da utilização do etanol por meio dos processos de fumigação e de mistura no combustível principal. O estudo foi realizado em uma bancada experimental composta de um motor diesel 2 cilindros de injeção direta instrumentado em um dinamômetro hidráulico. Na metodologia utilizada, o motor foi mantido em uma mesma condição de carga e rotação, de forma a se avaliar a influência de cada combustível nos parâmetros de consumo, eficiência e emissões. As composições de combustíveis utilizadas foram o diesel puro B0 (diesel S10 A), a mistura B50, o biodiesel puro de soja B100, a mistura B80EH20 (80% de biodiesel e 20 % de etanol) e o B78EF22 (biodiesel puro com fumigação proporcional a cerca de 20% de etanol). Os resultados mostraram elevação das emissões de NOx com a utilização do biodiesel em substituição ao diesel S10 A. Também foi possível verificar que houve redução nos níveis de NOx com a utilização de etanol tanto na mistura com o combustível principal, como pelo processo de fumigação. O consumo mássico de combustível foi maior no processo de fumigação, o que refletiu na menor eficiência térmica e no consumo específico. De uma forma geral, o processo de fumigação mostrou-se mais efetivo para a redução das emissões de NOx, porém, apresentou maior consumo específico e complexidade para sua utilização.

Palavras-chave: motores de combustão interna, combustíveis, eficiências, emissões.

1. INTRODUÇÃO

Motores de ignição por compressão (ICO) oferecem maior eficiência em relação a motores de ignição por centelha (ICE). Nesse contexto são amplamente utilizados em propulsão de veículos, máquinas agrícolas e máquinas geratrizes. Como adversidades, possuem relativamente elevados níveis de emissões dos poluentes NOx e MP. As legislações regulamentadoras atuam de forma a exigirem ações de fabricantes de motores e veículos para minimização de poluentes nos gases exaustos. Entre formas de mitigação de poluentes que se destacam do ponto de vista da sustentabilidade estão os biocombustíveis oxigenados. Além de serem formas alternativas de substituição do diesel fóssil convencional, têm o potencial de redução das emissões de material particulado (SHI et al, 2006) e, em alguns casos, simultaneamente a redução de NOx (Ferreira, 2011).

No caso do etanol, esse biocombustível tem sido aplicado em pesquisas para utilização em motores de ignição por compressão de forma a obtenção de melhorias de propriedades em misturas entre o diesel e o biodiesel e obtenção de menores emissões de poluentes (PARK, 2011). Alguns estudos revelam reduções concomitantes dos níveis de NOx e MP com a introdução do etanol. O uso do etanol puro em motores ICO é inviável devido a seu número de cetano extremamente baixo (CAI et al, 2004). No entanto, em misturas com o diesel e o biodiesel, a adição do etanol pode trazer melhorias nas propriedades e nos resultados de desempenho, consumo específico e emissões. Em misturas, o etanol apresenta limitada solubilidade com o diesel, mas, pode ser aplicado com o biodiesel puro ou em misturas com concentrações miscíveis de diesel e biodiesel. De acordo com Zhan (2018), o uso do etanol se destaca em relação à viscosidade e à tensão superficial menor em relação ao diesel e biodiesel, o que favorece a introdução e atomização da mistura do ar com o combustível. O teor de oxigênio do etanol tende a melhorar a combustão e as emissões de MP em relação ao diesel; já o elevado calor latente de vaporização, tende a melhorar as emissões de NOx.

Basicamente são utilizados três métodos de introdução do etanol: mistura com o combustível líquido (Blends), injeção no pórtico de admissão (fumigação) e injeção direta na câmara de combustão. Este trabalho apresenta um estudo experimental comparativo entre a utilização do etanol pelos métodos de fumigação e mistura com o combustível principal. No estudo são ainda utilizados como referências os resultados utilizando o diesel, o biodiesel e a mistura B50, de forma a melhor compreensão da tendência de utilização de cada combustível.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios foram realizados em uma bancada dinamométrica acoplada em um motor diesel 2 cilindros com injeção direta de combustível. A tabela 01, abaixo, apresenta as especificações do motor utilizado.

Tabela 01 – Motor Diesel Utilizado nos Ensaio

Descrição	Motor Agrale Modelo M790
Número de cilindros	2
Potência Máxima	19,8 kW a 3000 rpm
Volume deslocado	1272 cm ³
Taxa de Compressão	18:1
Ciclo de Funcionamento	Diesel, 4 Tempos, injeção direta.

Os ensaios foram realizados em uma mesma condição de potência (6,7 kW) e rotação (1700 rpm), de forma que fosse possível realizar o estudo comparativo tendo um mesmo parâmetro de potência de saída. O consumo de combustível foi realizado pelo método gravimétrico. O processo de fumigação utilizado foi realizado por um dispositivo em que houve a pressurização e agitação molecular por ar comprimido do etanol, de forma que este já fosse introduzido no coletor de admissão atomizado/vaporizado e houvesse a melhor mistura com o ar de admissão no coletor. As análises de emissões foram realizadas por um analisador portátil MRU modelo Optima 7.

As composições de combustíveis utilizadas foram selecionadas da seguinte forma:

- Diesel S10 A (Compreende o diesel puro com 10 PPM de enxofre);
- B50 (Mistura com mesma proporção de diesel e biodiesel);
- B100 (Biodiesel puro);
- B80EH20 (80% de biodiesel e 20% de etanol);
- B78EF22 (Biodiesel com fumigação de etanol, tendo uma proporção resultante de cerca de 78% de biodiesel e 22% de etanol).

O etanol foi utilizado em misturas com o biodiesel devido a serem miscíveis nas proporções utilizadas nos experimentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios experimentais mostram as tendências observadas nos parâmetros de consumo, emissões e eficiência.

3.1. Consumo Específico

A figura 01, abaixo, representa os resultados do consumo específico de combustível (CEC) dos combustíveis dos ensaios.

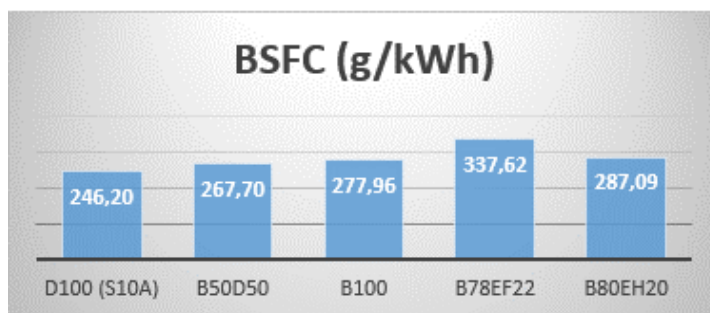


Figura 01 – Consumo Específico dos Combustíveis dos Ensaio.

Os resultados elucidam que o diesel S10 A, apresentou o menor CEC em relação aos demais combustíveis. Com a adição de biodiesel na proporção B50, houve elevação de 8,9% e com o B100, de 12,9%. Com o etanol na mistura B80EH20, o aumento do CEC em relação ao diesel foi de 16,6%; já no processo de fumigação, o aumento foi de 37,1%. Esses resultados são justificados pelo menor consumo poder calorífico do biodiesel em relação ao diesel e do etanol em relação ao biodiesel. A tabela 02, abaixo, representa os valores de poder calorífico considerado para os combustíveis dos ensaios.

Tabela 02 – Poder Calorífico

Combustível	Diesel (C ₁₀ H ₁₈)	Biodiesel (C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	Etanol (C ₂ H ₅ OH)
PCI (kJ/kg)	42820	36395	28300

3.2. Emissões

Em relação às emissões, os dados mostraram tendência de elevação dos índices de NOx com a introdução do biodiesel.

Em relação ao diesel S10 A, houve elevação de cerca de 2,1% com a mistura B50 e 10,9% com o B100. O aumento das emissões de NOx em decorrência do biodiesel pode ser atribuído à maior temperatura da combustão em relação ao diesel. De acordo com Palash (2013), os principais mecanismos de formação de NOx com o biodiesel são atribuídos pelos mecanismos térmico (Zeldovich) e imediato (Prompt), sendo o mecanismo térmico o mais significativo no processo de formação. Esses resultados também estão de acordo com um grupo de tendências de elevação de NOx, explicado por Lapuerta (2017). A figura 02, abaixo, representa as emissões de NOx nos ensaios realizados.

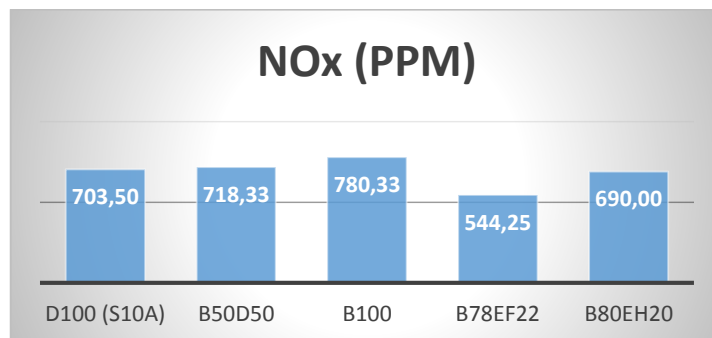


Figura 02 – Emissões de NOx com os Combustíveis dos Ensaios.

Comparando com o B100, a aplicação do etanol na mistura B80EH20 resultou em diminuição dos índices de NOx em cerca de 11,6%. No processo de fumigação, a redução utilizando o B78EF22 foi mais expressiva, 30,3% em relação ao B100. A efetividade do etanol na redução de NOx pode ser atribuída, entre outros fatores, ao processo de evaporação do etanol na câmara de combustão, em que devido ao maior calor latente de vaporização, contribui para uma menor temperatura de chama e, logo, diminuição da formação de NOx pelo processo térmico (PARK et al, 2011), (Júnior e Martins, 2015).

3.3. Eficiência Térmica

Em relação à eficiência térmica, comparando os resultados de todos os combustíveis, a mistura dos biocombustíveis etanol e biodiesel na proporção de mistura B80EH20 foi a que apresentou a maior eficiência, 36,5%. A figura 03, abaixo, mostra os resultados das eficiências obtidas nos ensaios.

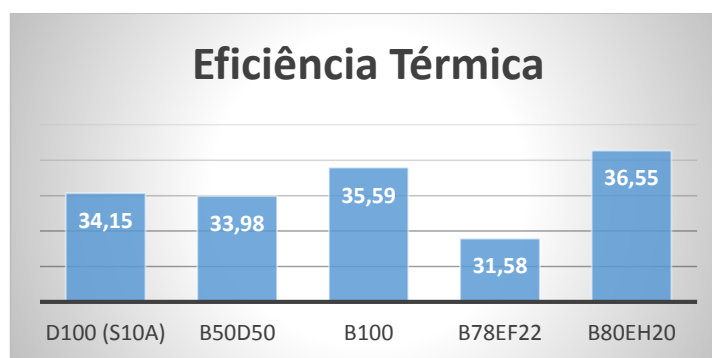


Figura 03: Eficiência Térmica dos Combustíveis dos Ensaios.

Conforme o gráfico, é possível verificar que a composição da mistura B78EF22 com o processo de fumigação foi a que obteve o menor resultado, 31,6%. Esse resultado de eficiência é decorrente do maior consumo mássico de combustível da mistura B78EF22 método de introdução por fumigação, em que também implicou no maior CEC dessa composição de combustível.

4. CONCLUSÕES

Esse trabalho realizou um estudo comparativo da utilização do etanol pelas técnicas de fumigação e de mistura no combustível principal para verificações de parâmetros de emissões, desempenho, consumo e eficiência em um motor de ignição por compressão.

Em relação às emissões de NOx, foi observada tendência de elevação dos índices com a introdução do biodiesel. No caso da forma de introdução do etanol, que foi o escopo deste trabalho, foi observado que houve redução nos índices de

NOx tanto pelo método de introdução em mistura (B80E20), cerca de 11,6%, como através do método de fumigação (B78EF22), com redução de 30,3%. Como o consumo mássico de combustível foi maior no processo de fumigação, houve implicação no maior consumo específico e na menor eficiência do B78EF22 em relação aos demais combustíveis dos ensaios.

5. AGRADECIMENTOS

Laboratório de Energia da UFBA;
PetroBahia;
Time do Laboratório de Motores envolvido nos ensaios.

6. REFERÊNCIAS

- Barik, D. , Murugan, S. Effects of diethyl ether (DEE) injection on combustion performance and emission characteristics of Karanja methyl ester (KME)–biogas fueled dual fuel diesel engine. Fuel 2016.
- Ferreira, V. P. Uso de misturas de diesel e biodiesel em motores de ignição por compressão suportado por aditivização de etanol. Tese, 2011.
- Júnior, R. F. B., Martins, C. A. Emission analysis of a Diesel Engine Operating in Diesel–Ethanol Dual-Fuel mode. Fuel 2015.
- Lapuerta, M., Rodríguez-Fernandez, J., Rodríguez, D. F., Camino, R. P. Modeling viscosity of butanol and ethanol blends with diesel and biodiesel fuels. Fuel, 2017.
- Masoud Iranmanesh, J. P. Subrahmanyam and M. K. G. Babu. Application of Diethyl Ether to Reduce Smoke and NOx Emissions Simultaneously With Diesel and Biodiesel Fueled Engines. ASME. 2008.
- Palash, S.M. State of the art of NOx mitigation technologies and their effect on the performance and emission characteristics of biodiesel-fueled Compression Ignition engines. Energy Conversion and Management, 2013.
- Park, S. H, Youn, I. M., Lee, C. S. Influence of ethanol blends on the combustion performance and exhaust emission characteristics of a four-cylinder diesel engine at various engine loads and injection timings. Fuel, 2011.
- Zhan, C., Feng, Z., Ma, W., Zhang, M., Tang, C., Huang, Z. Experimental investigation on effect of ethanol and di-ethyl ether addition on the spray characteristics of diesel/biodiesel blends under high injection pressure. Fuel, 2018.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

O autor é o único responsável pelo conteúdo deste trabalho.

ABSTRACT IN ENGLISH

Carvalho, M. A. S., carvalho.masc@gmail.com

¹Federal University of West Bahia. Laboratório de Energia, 3º andar. Av. Aristides Novis, nº2, Federação. Salvador/Bahia.

Abstract. Compression ignition engines (ICO) offer greater efficiency compared to spark ignition (ICE) engines. In this context, they are widely used in vehicle propulsion, agricultural machinery and generators. As adversities, they have relatively high emission levels of NOx and MP pollutants. Regulatory laws act to require actions by engine manufacturers and vehicles to minimize pollutants in exhaust gases. Among forms of mitigation of pollutants that stand out from the point of view of sustainability are oxygenated biofuels. In addition to being alternative forms of conventional fossil diesel replacement, they have the potential to reduce emissions of particulate matter (SHI et al, 2006) and, in some cases, reduce NOx (Ferreira, 2011).

In the case of ethanol, this biofuel has been applied in research for use in compression ignition engines in order to obtain improvements of properties in blends between diesel and biodiesel and to obtain lower emissions of pollutants (PARK, 2011). Some studies have shown concomitant reductions in NOx and MP levels with the introduction of ethanol. The use of pure ethanol in ICO engines is impracticable due to its extremely low cetane number (CAI et al, 2004). However, in blends with diesel and biodiesel, the addition of ethanol can bring improvements in properties and performance results, specific consumption and emissions. In fuel blends, ethanol has limited solubility with diesel, but can be applied with pure biodiesel or in blends with miscible concentrations of diesel and biodiesel. According to Zhan (2018), the use of ethanol stands out in relation to viscosity and lower surface tension in relation to diesel and biodiesel, which favors the introduction and atomization of the mixture of air and fuel. The oxygen content of ethanol tends to improve combustion and PM emissions relative to diesel; the high latent heat of vaporization tends to improve the NOx emissions.

Basically, three methods of introducing ethanol are used: mixing with the liquid fuel (Blends), injection into the air intake system (fumigation) and direct injection into the combustion chamber. This work presents a comparative experimental study between the use of ethanol by the methods of fumigation and blend with the main fuel. In the study are still used as references the results using diesel, biodiesel and B50 mixture, in order to better understand the trend of use of each fuel.

Keywords: Internal Combustion Engine, Fuels, Emission, Efficiency.