

ANÁLISE DA MISCIBILIDADE E PROPRIEDADES FÍSICAS DE DIVERSAS MISTURAS TERNÁRIAS DIESEL-BIODIESEL-ETANOL

Luiz Claudio da Cunha Marques, luizmar7@yahoo.com.br¹

Larissa Santos Queiroz, queirozlariss@gmail.com¹

Nelson Junior da Silva Rocha, nelsonjrrocha@gmail.com¹

Hendrick Maxil Zárate Rocha, hendrick@ufpa.br¹

Manoel Fernandes Martins Nogueira, mfmn@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110,

Resumo: A rigidez dos novos regulamentos de emissões sobre os fabricantes dos motores diesel fizera com que os novos motores produzidos sejam mais eficientes. Por outro lado, o uso de combustíveis renováveis oferece um circuito fechado do ciclo de carbono, podendo reduzir os gases do efeito estufa na atmosfera, mas seu uso é limitado devido os motores diesel que são comercializados atualmente sejam desenvolvidos para consumir óleo diesel (OD), ou qualquer outro combustível com propriedades energéticas e físicas similares ao óleo diesel. Diante deste cenário vários combustíveis renováveis têm sido estudados como alternativa de redução dos gases de emissões, assim como o biodiesel é utilizado atualmente na mistura do diesel comercializado, o etanol poderá ser utilizado para redução dos gases de emissões causadores do efeito estufa, motivando assim o estudar das suas propriedades, características e viabilidade de utilização do etanol nas misturas do diesel para substituto parcial do diesel derivado do petróleo. Este trabalho analisa diferentes proporções de misturas de óleo diesel comercial B8 (mistura de 8% de biodiesel com 72% de diesel) e Etanol anidro (EA) com o objetivo de identificar a melhor proporção da mistura que permita sua utilização em motores de combustão interna a diesel sem afetar drasticamente seu desempenho. Os testes com as misturas foram realizados com o preparo de 6 amostras, numeradas de 0 a 5. As amostras de 20ml de combustível foram preparadas, coletadas e armazenadas hermeticamente a 25°C para avaliação da sua estabilidade no período de 35 dias. Observou-se que a mistura de 40% de etanol provocou uma separação imediata, já as misturas de baixo teor de etanol como 10% e 5% não apresentaram separação nos 35 dias de análises.

Palavras-chave: mistura ternária, motores diesel, etanol

1. INTRODUÇÃO

Devido aos impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis utilizados nos motores de combustão interna, busca-se a sua substituição por combustíveis renováveis. Neste contexto, o uso de diversos combustíveis alternativos continua sendo investigado, como é o caso do etanol, biodiesel e óleos vegetais, entre outros (Rocha et al., 2016).

Além disso, as rigidezes dos novos regulamentos de emissões sobre os fabricantes dos motores de ciclo a diesel fizeram com que os novos motores produzidos sejam mais eficientes. Por outro lado, os motores atualmente existentes no mercado não estão preparados para trabalhar com outros tipos de combustíveis como ser biodiesel e óleo vegetal, requerendo adaptações e modificações para que estes passem operar sem perdas de rendimento e deterioração acelerada do sistema.

De acordo com Moretti (2013), uma possível solução para o uso de combustíveis renováveis como o biodiesel e a adição de outros combustíveis que permitam melhorar as características da mistura, como é o caso do etanol, buscando melhorias que favoreçam a obtenção de motores mais limpos e eficientes. Vieira (2016), diz que para isso é necessário verificar a possível melhoria do processo de combustão que ocorre no interior do cilindro quando utilizadas essas novas misturas, como a mistura ternária proposta nesse estudo de diesel, biodiesel e etanol. Perez et al. (2006), reforça que é possível utilizar o mesmo bico injetor utilizados para otimizar o óleo diesel, na atomização do etanol, com uma considerável melhora na atomização e, por conseguinte na eficiência da combustão.

A utilização de diferentes combustíveis em motores de ciclo diesel atualmente disponíveis no mercado sem alterações mecânicas no projeto original, deve utilizar o óleo diesel comercial como base para a mistura de outros combustíveis renováveis. O diesel comercial atualmente no mercado é uma mistura de 92% de óleo diesel com 8% de biodiesel, e o conselho de nacional de política energética – CNPE por meio da lei nº13.263 de 23 de março de 2016, prevê que até março de 2019 o diesel comercializado deve conter 10% de biodiesel na sua composição – B10, diminuindo assim o

percentual de combustível derivado de petróleo comercializado. A adição de biodiesel na mistura de óleo diesel e etanol aumenta a solubilidade do etanol nesta mistura e as alterações nas propriedades do combustível são menores, Oliveira (2015). Neste cenário misturas ternárias usando o diesel comercial B8, que é composto de diesel e biodiesel, a adição de etanol anidro formando uma mistura ternária com maiores percentuais de biocombustíveis, substituindo parcialmente o óleo diesel derivado de petróleo.

Além disso, o Brasil tem uma grande experiência na produção e utilização do etanol motivando o estudo de novas aplicações. Uma das dificuldades na aplicação deste tipo de alternativa é a baixa solubilidade do etanol em óleo diesel, fato que impede a utilização de misturas com teores acima de aproximadamente 5% de etanol (Andrade, 1986).

Este trabalho analisa diferentes proporções de misturas de óleo diesel comercial B8 (mistura de 8% de biodiesel com 72% de diesel) e Etanol anidro (EA) com o objetivo de identificar a melhor proporção da mistura que permita sua utilização em motores de combustão interna a diesel sem afetar drasticamente seu desempenho

2. METODOLOGIA

Os testes com as misturas foram realizados com o preparo de 6 amostras, numeradas de 0 a 5, conforme a tabela 1. As amostras foram preparadas e coletadas 20ml de combustível em um frasco fechado à temperatura aproximada de 25°C e deixada em repouso, para avaliação de sua estabilidade e separação pelos períodos de 7,14,21,28 35 dias.

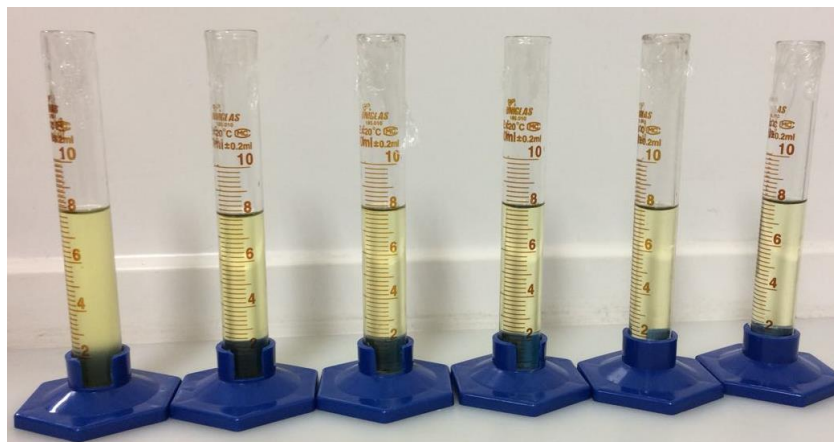


Figura 1. Amostras de combustíveis para análise.

Tabela 1. Identificação das amostras.

M0	M1	M2	M3	M4	M5
B8	B8 + 05%EA	B8 + 10%EA	B8 + 15%EA	B8 + 20%EA	B8 + 40%EA
98%Diesel 8%Biodiesel	87,4%Diesel 7,6%Biodiesel 5%Etanol	82,8%Diesel 7,2%Biodiesel 10%Etanol	78,2%Diesel 6,8%Biodiesel 15%Etanol	73,6%Diesel 6,4%Biodiesel 20%Etanol	55,2%Diesel 4,8%Biodiesel 40%Etanol

A amostra zero (0) contém B8 puro, usada como amostra de referência com o combustível de diesel +8% de biodiesel, B8 comercial puro e filtrado e será o mesmo combustível usado para as outras misturas com etanol anidro de 99%. A mistura 1 foi preparada com adição de 5% de etanol anidro, a mistura 2 foi preparada com adição de 10% de etanol anidro, a mistura 3 foi preparada com adição de 15% de etanol anidro, a mistura 4 foi preparada com adição de 20% de etanol anidro, a mistura 5 foi com uma adição de 40% de etanol anidro, sendo esta uma quantidade maior do que a encontrada usualmente na literatura para identificar os efeitos da utilização de uma maior concentração de etanol. No caso do que as outras misturas não apresentarem uma separação significativa. As misturas foram analisadas por imagem pelo período de 35 dias.

Na caracterização física das misturas foram analisadas a massa específica, usando a norma NBR 7148 (2001), usando uma balança de precisão da OHAUS, com precisão de, utilizando amostras com volumes de 40 mililitros e para a medida da viscosidade foi utilizado o viscosímetro de copo FORD da QUIMIS, modelo Q280

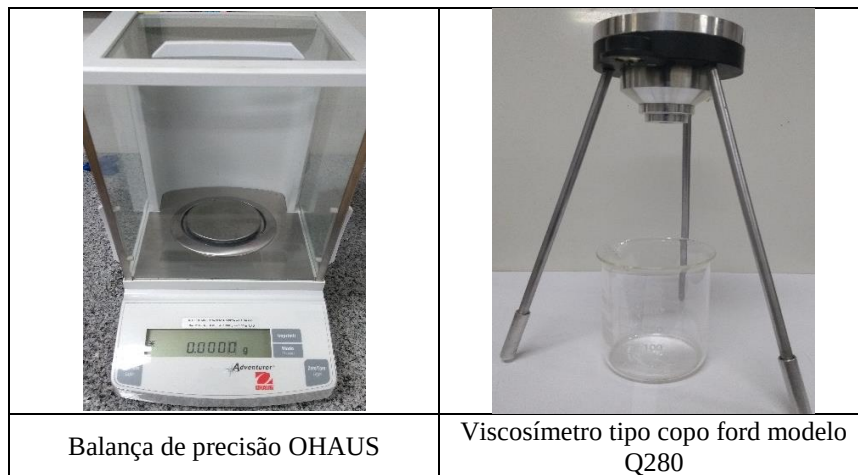


Figura 2. Instrumentos de Medição para Análise física do combustível.

O Valor de massa específica das misturas medidas foi determinada medindo-se pela balança de precisão a massa de 40ml $\pm 0,01$ ml. de combustível, repetida três vezes a temperatura de 25,0 °C $\pm 0,2$ °C.

O viscosímetro do tipo copo Ford, foi detectado que os tempos de escoamento entre copos fabricados de acordo com as normas NBR 5849, usando a equação 1, apresentam considerável diferença nos valores de viscosidade, devido a faixa de viscosidade serem muito baixas.

$$\mu = [(2,388 \times t) - (0,007 \times t^2) - 57,008] \quad (1)$$

Sendo assim, foi elaborado o experimento de ajuste usando 3 viscosidades conhecidas, para determinar a equação 2 que ajusta a equação 1 descrita na norma. O experimento com as viscosidades conhecidas foi feito utilizando o viscosímetro do tipo copo Ford número 2 calibrados na temperatura de 25,0 °C $\pm 0,2$ °C, onde a viscosidade é determinada pelo tempo de ruptura do fio do fluido.

$$\mu_{cal} = [-(0,0476 \times t^2) + (3,5095 \times t) - 58,8290] \quad (2)$$

As viscosidades das misturas foram determinadas utilizando o viscosímetro do tipo copo Ford número 2 calibrados na temperatura de 25,0 °C $\pm 0,2$ °C, medindo-se o tempo de ruptura do fio do fluido pelo mesmo procedimento descrito na norma NBR 5849, usando a equação 2 para o ajuste da viscosidade.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Dentre as misturas utilizadas de Diesel B8 + Etanol Anidro (99%), apenas a mistura 5 não foi miscível na primeira semana de observação, havendo uma visível precipitação com 48 horas de repouso da amostra, como se mostra na figura 2.

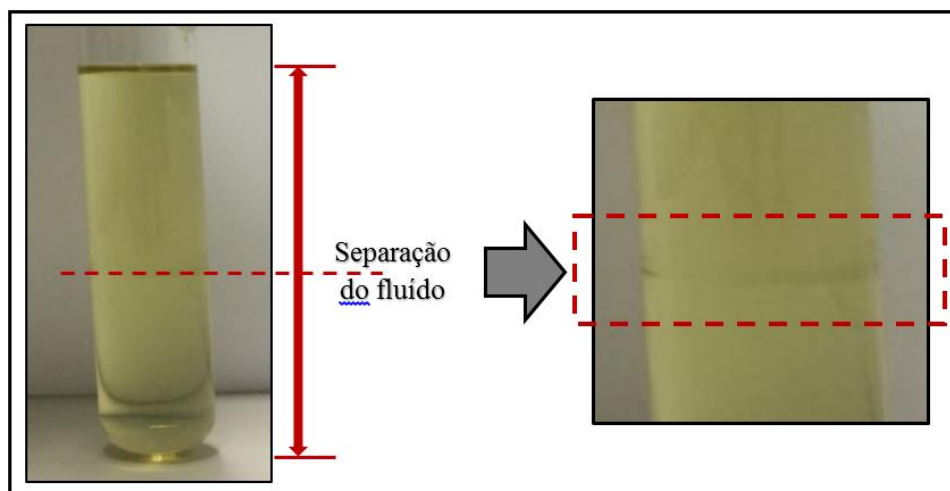


Figura 3. Separação da amostra 5, contendo 60% de Diesel B8 e 40% de Etanol Anidro.

As misturas 4 e 3 nos períodos de dois e três semanas respectivamente apresentaram separação dos fluidos conforme mostra a figura 3. Entretanto, na mistura 2 e 1, com a adição de 10% e 5% de etanol anidro no óleo diesel, não ocorreu separação durante 35 dias de observação, isso porque, o etanol anidro possui um teor de água menor.

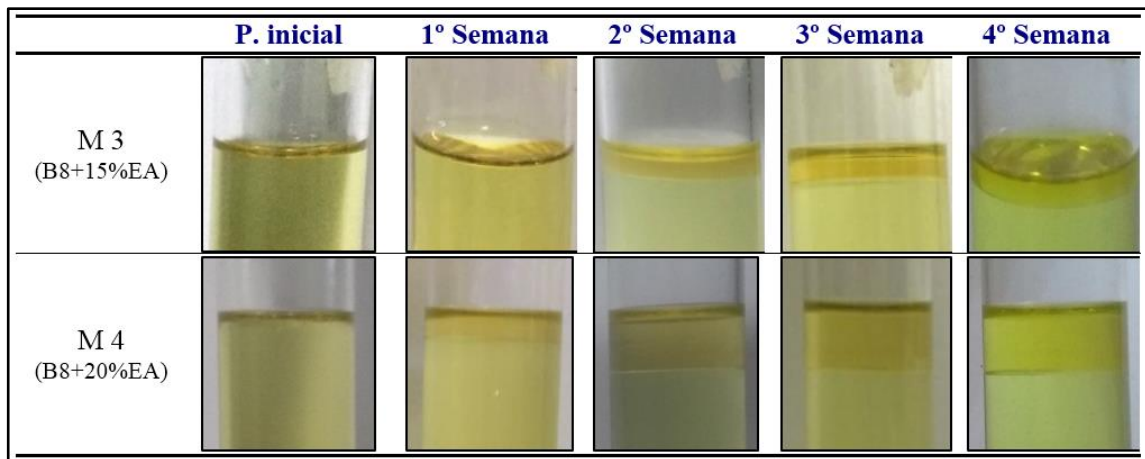


Figura 4. Separação da amostra 3 e 4 no período de 35 dias.

Foram avaliadas a massa específica e viscosidade das misturas após o período de 35 dias. Devido a que ocorreu a separação de algumas misturas, foi necessário homogeneizar as amostras utilizando um agitador manual para posteriormente efetuar as análises.

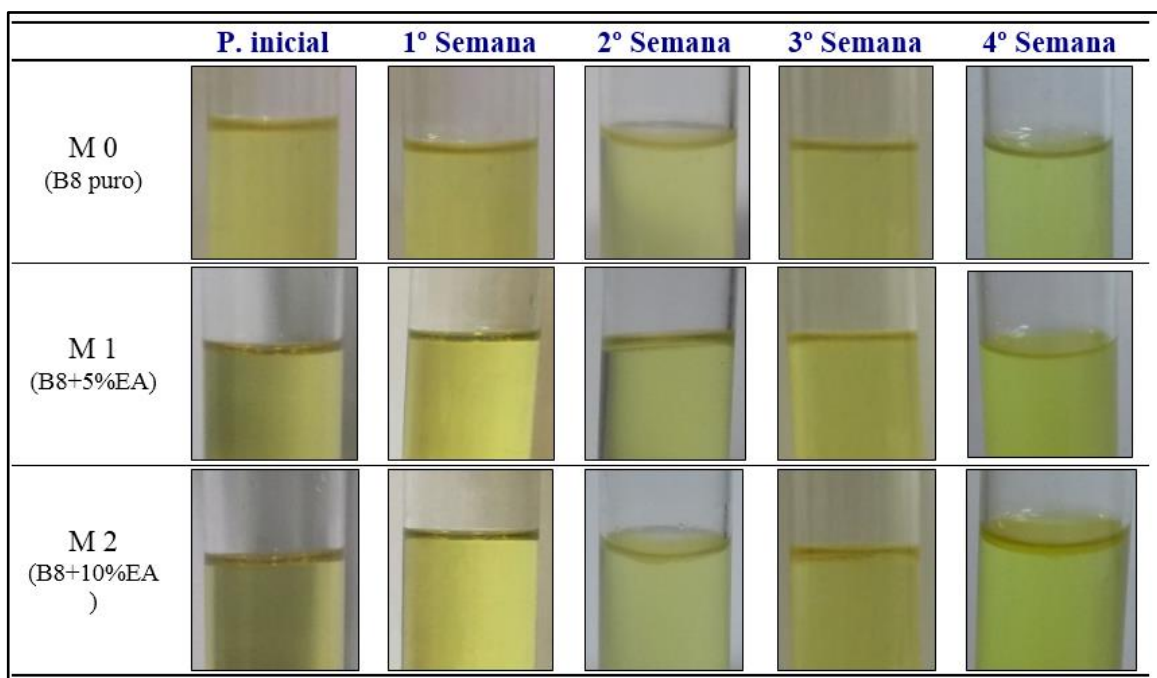


Figura 5. Separação das amostras 0, 1 e 2, no período de 35 dias.

Na tabela 2 são apresentados os resultados da massa específica de todos os combustíveis analisados. Para os combustíveis puros foi observado que os valores condizem com a literatura, já as misturas apresentaram redução de massa específica à medida que incrementa adição de etanol.

Nas misturas 3, 4 e 5 que apresentaram separação, foram determinadas as massas específicas separadamente, tanto do fluido inferior como do fluido superior.

As misturas separadas 3 e 4 que tinham menores quantidades volumétricas do fluido na parte superior apresentaram massas específicas menores que a do etanol, podendo ser devido ao acúmulo de bolhas de ar no interior do fluido. Já as medidas de viscosidade feitas a partir do equipamento QUIMIS Q280 foram inconclusivas.

Tabela 2. Dados das amostras analise.

Amostras	Separação	Volume [%]	Massa específica [kg/mm ³]	Viscosidade [cst]
Óleo Diesel	Puro	100 %	835,0	2,9 – 4,5
Etanol Anidro	Puro	100 %	791,5	1,20
Mistura 0	Não separou	100 %	812,25	3,10
Mistura 1	Não separou	100 %	796,72	2,875
Mistura 2	Não separou	100 %	792,9	2,771
Mistura 3	F. Superior	7 %	685,08	2,699
	F. Inferior	93 %	803,57	
Mistura 4	F. Superior	15 %	706,86	2,661
	F. Inferior	85 %	789,33	
Mistura 5	F. Superior	48 %	774,93	2,552
	F. Inferior	52 %	793,41	

4. CONCLUSOES

As análises sobre a estabilidade de fase do combustível ternário formado de diesel com uma quantidade fixa de biodiesel de 8% e diferentes quantidades de Etanol anidro mostrou uma separação bem definida para quantidades de etanol a partir de 15% de etanol anidro. Observou-se também que a mistura 6 que continha 40% de etanol anidro apresentou uma separação imediata da mistura em duas fases bem definidas, mostrada na figura 2, e assim inviabilizando o uso desta concentração de etanol anidro para injeção misturada diretamente ao combustível de base B8. Para as misturas 4 e 5 com teores de 15% e 20% respectivamente tiveram uma separação de duas fases entre 7 a 10 dias, o que impede a injeção do combustível misturada a diesel B8, sem o uso de aditivo ou agitador para homogeneizar o combustível armazenado ao tanque. Já para as misturas 2 e 3 de baixo teor de etanol anidro equivalentes a 5 e 10% não apresentaram separação de fase bem definida após 35 dias, permitindo a adição desses valores percentuais diretamente ao tanque de diesel B8, sem a necessidade de uso de aditivos ou alterações nos motores grupo gerador disponíveis no mercado.

Dentre as seis misturas de combustível, mostrados na tabela 1, identificou-se que a massa específica de todas as misturas estavam dentro da faixa aceitável para a queima em motores diesel. Os testes de medida de viscosidade apresentaram divergências fazendo-se necessário maior repetitividade do procedimento experimental descrito na metodologia, onde foram obtidos valores de viscosidades para as misturas utilizando uma equação de ajuste coerente com a tendência de diminuição da viscosidade devido a adição de etanol anidro.

Observou-se que as misturas ternárias diesel-biodiesel-etanol anidro se apresenta como um combustível alternativo, para diminuir a parcela de óleo diesel, usando percentuais de etanol de até 10% separação e podendo ser usado diretamente no tanque de em motores de ignição por compressão sem a necessidade de qualquer modificação física no motor. Já para percentuais iguais ou maiores de 15% de etanol a injeção separada seria uma melhor alternativa para queimar etanol, sendo necessário alteração do motor para um segundo sistema de injeção para o etanol.

Um estudo experimental sobre a estabilidade de fase de etanol-diesel e etanol-diesel misturado com uma quantidade fixa de biodiesel como co-solvente de etanol em combustível diesel, como o efeito do etanol - diesel - o biodiesel se mistura com o desempenho do motor e comparou para o combustível diesel básico tinha sido investigado. Os principais resultados obtidos podem ser resumidos da seguinte forma:

As misturas analisadas indicam que a inter-solubilidade do combustível ternários formados de diesel-biodiesel-etanol anidro diminuiu conforme o aumento da concentração de etanol anidro. E a mistura 2 que continha 5% de etanol anidro apresenta a melhor estabilidade na solubilidade da formação do combustível ternário, apresentando pouca separação durante o tempo de 35 dias.

O resultado de massa específica das misturas mostram que a relação equivalência de ar-combustível aumenta à medida que as porcentagens de etanol anidro são adicionadas ao combustível B8 aumenta.

Conclui-se que pode ser usado em motores de ignição por compressão sem qualquer modificação no projeto do motor, misturando-o com combustível diesel a baixa concentração.

5. REFERÊNCIAS

- Rocha, h. M. Z. ; Pereira, r. S. ;Nogueira, m. F. M.; Belchior, c. R. P.; Tostes, m. E. L. “Experimental investigation of hydrogen addition in the intake air of compressed ignition engines running on biodiesel blend”. International Journal of Hydrogen Energy, v. 42, p. 4530-4539, 2016
- Moretti, R. R. , Mistura diesel, biodiesel e etanol anidro: uma possibilidade para reduzir o custo de produção da cadeia da cana-de-açúcar / Ricardo Roquette Moretti. – Campinas, SP : [s.n.], 2013

- Vieira, d. S. N. , Otimização de Misturas Ternárias de Diesel Biodiesel e Etanol/ Daniel Santana Nogueira Vieira. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.
- Pérez, E. P.; Carvalho, J. A. jr.; carrocci, L. R. substituição do óleo diesel por álcool etílico hidratado na queima direta, uma comparação. an. 6. enc. energ. meio rural 2006
- Oliveira, A. Desempenho e emissões de um motor diesel utilizando diferentes técnicas de injeção de etanol/ Alex de Oliveira; – Belo Horizonte, MG, 2015
- Andrade, j. M. V., 1986, “Solubilidade de álcool etílico em óleo diesel”, In: Simpósio de Engenharia Automotiva, 3. , Brasília, 1986, pg. 718-734.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7148: determinação da massa específica do óleo diesel. Rio de Janeiro, 2001.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Norma NBR 5849: Determinação da viscosidade pelo Copo Ford. Rio de Janeiro; 2ª edição, 2015.

ANALYSIS OF THE MISCIBILITY AND PHYSICAL PROPERTIES OF DIESEL DIESEL-BIODIESEL-ETHANOL TERNARY MIXTURES

Luiz Claudio da Cunha Marques, luizmar7@yahoo.com.br¹

Larissa Santos Queiroz, queirozlariss@gmail.com¹

Nelson Junior da Silva Rocha, nelsonjrrocha@gmail.com¹

Hendrick Maxil Zárate Rocha, hendrick@ufpa.br¹

Manoel Fernandes Martins Nogueira, mfmn@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110.

Abstract. *The rigor of the new regulations over emissions on diesel engine manufacturers has made the new engines produced more efficient. On the other hand, the use of renewable fuels offers a closed circuit of the carbon cycle, which can reduce greenhouse gases in the atmosphere, but its use is limited because the diesel engines that are currently commercialized are developed to consume diesel oil (DO), or any other fuel with energy and physical properties similar to diesel oil. In view of this scenario, several renewable fuels have been studied as an alternative to reduce emissions, just as biodiesel is currently mixed in commercialized diesel, ethanol may be used to reduce greenhouse gas emissions, motivating studies of its properties, characteristics and the viability of using it in diesel blends for partial replacement of diesel derived from petroleum. This paper analyzes the different mixture proportions of commercial diesel fuel B8 (mixture of 8% biodiesel with 72% diesel) and anhydrous ethanol (AE) in order to identify the best mixture proportion that allows its use in internal combustion diesel engines without dramatically affecting its performance. The tests with the mixtures were carried out with the preparation of 6 samples, numbered from 0 to 5. The samples of 20ml of fuel were prepared, collected and stored hermetically at 25° C to evaluate their stability in the period of 35 days. It was observed that the 40% ethanol mixture caused immediate separation, while the low ethanol mixtures as 10% and 5% did not show separation within 35 days of analysis.*

Keywords: *ternary mixture, diesel engines, ethanol*