

## DESEMPENHO E EMISSÕES NA EXAUSTÃO DE UM MOTOR OPERANDO COM BIODIESEL DE SOJA E NABO FORRAGEIRO

### Henrique Avelhaneda Geanezi

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
avelhaneda@yahoo.com.br

### Vander Ferreira Rodrigues

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais  
vander.rodrigues@cetec.br

### Inácio Loiola Pereira Campos

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
inaciolpcampos@terra.com.br

### André Luis Alves Diogo

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
andreufmg2000@yahoo.com.br

### Ramón Molina Valle

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
ramon@demec.ufmg.br

### José Ricardo Sodré

PUC-Minas – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
ricardo@pucminas.br

**Resumo.** O desempenho e as emissões de poluentes de um motor operando com misturas de biodiesel provenientes de duas diferentes oleaginosas são comparados aos resultados obtidos da operação com óleo diesel metropolitano. Os testes foram realizados com o motor funcionando a plena carga e alimentado biodiesel de nabo forrageiro, biodiesel de soja e misturas de 50% de biodiesel destas fontes com 50% de diesel metropolitano. Os testes de desempenho e emissões foram realizados conforme a norma NBR ISO 1585 e o de opacidade conforme a norma NBR 13037. Os parâmetros de desempenho analisados foram potência, torque e consumo específico de combustível. As emissões de CO, HC, NO<sub>x</sub> e opacidade foram também analisadas na exaustão. Os resultados obtidos indicam a mistura de combustível mais adequada para o motor com relação ao desempenho e às emissões de poluentes. Em geral, pode-se dizer que houve uma pequena redução de desempenho com as misturas de biodiesel, comparado com o diesel metropolitano. Com relação às emissões de poluentes, os resultados mostram que houve uma redução significativa para a maior parte das misturas com biodiesel oriundo das duas fontes de oleaginosas testadas.

**Palavras-chave:** biodiesel, desempenho, emissões, motores de combustão interna.

### 1. Introdução

A busca de uma alternativa energética para os combustíveis fósseis tem sido motivo de grande discussão internacional devido ao horizonte das reservas de petróleo e à crescente preocupação ambiental. Em face da conjuntura econômica mundial, os atuais valores do barril de petróleo tornam os combustíveis alternativos competitivos. Nos últimos anos, o estudo de fontes alternativas aos derivados do petróleo tem sido incentivado por vários centros de pesquisa em nível mundial. Neste contexto, os óleos vegetais (biodiesel) aparecem como uma alternativa viável para substituição do óleo diesel, com redução dos níveis de emissão de poluentes gasosos e de material particulado. A principal característica do biodiesel é a significativa concentração em peso de oxigênio em sua composição, em torno de 11%. Por um lado, isto representa menor poder energético, mas, por outro lado, contribui para o aumento do número de cetanos e reduz as concentrações de gases poluentes (Muñoz, 2004).

O Brasil, por ser um grande produtor de oleaginosas, tem incentivado a produção e utilização de biodiesel, com vistas à redução do déficit energético e melhoria do IDH (Índice de Desenvolvimento Humano). Já a partir de 2008, por força de normas legais, o biodiesel será adicionado ao óleo diesel mineral na proporção de 2%. O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), através do Programa de Controle de Poluição do Ar (PROCONVE), estabeleceu níveis máximos de emissão de poluentes em etapas a serem alcançadas em janeiro de 2007 e em janeiro de 2009 que dificilmente serão possibilitadas com o uso do óleo diesel mineral e as tecnologias vigentes. Além disso, segundo dados do Ministério de Minas e Energia, foram consumidos em 1999 cerca de 37,5 bilhões de litros de óleo diesel, dos quais

5,3 bilhões de litros foram importados, com custo na ordem de U\$1,2 bilhão. Assim, novas opções de combustíveis concorrentes com o óleo diesel mineral devem ser aventadas. Do ponto de vista econômico, a viabilidade do biodiesel está relacionada à substituição das importações e às externalidades positivas associadas: redução com gastos em saúde, créditos de carbono etc.

Visando obter dados de viabilidade técnica do biodiesel, este trabalho descreve os resultados de testes de desempenho e emissões de poluentes de um motor de produção operando em plena carga. Biodiesel originado de dois diferentes tipos de oleaginosas foi testado: soja e nabo forrageiro. Os testes foram conduzidos em uma bancada dinamométrica utilizando como combustível o biodiesel de soja, biodiesel de nabo forrageiro e misturas em igual proporção de um destes com o óleo diesel mineral. O óleo diesel mineral foi utilizado como referência de comparação para estas misturas.

## 2. Revisão bibliográfica

Testes de longa duração realizados por Peterson (1999) mostraram que um motor alimentado com éster etílico de óleo de soja hydrogenada desenvolve menor potência que com as misturas de 25 ou 50% de biodiesel desta fonte em biodiesel em óleo diesel mineral. O consumo de combustível com biodiesel puro nem sempre foi maior do que o apresentado pelas misturas. Diversos trabalhos com biodiesel e suas misturas com óleo diesel em motores de ignição por compressão apontam para a redução das emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e material particulado (Maziero, 2005).

No Brasil, análises de desempenho e de emissões de poluentes nos gases de exaustão estão sendo feitas por diversas instituições e empresas. Estudos conduzidos por Oliveira (2005) com biodiesel de óleo de soja apresentaram diminuição das emissões de CO em torno de 48%, óxido de enxofre (SO<sub>x</sub>) em 100% e material particulado em 47%.

Testes feitos por Muñoz (2004) utilizando metil éster produzido a partir de girassol em misturas com o óleo diesel nas proporções de 25, 50, 75 e 100% em um motor automotivo indicaram que as emissões de hidrocarbonetos com o uso de biodiesel, na maioria dos casos, foram superiores à do motor alimentado com o óleo diesel metropolitano. Apenas em algumas situações específicas esta tendência sofreu inversão, principalmente quando as cargas eram baixas. No caso do biodiesel puro (100%), a concentração de NO<sub>x</sub> foi sempre maior que quando operando com óleo diesel metropolitano. Já as emissões de monóxido de carbono foram sempre menores com o uso do biodiesel do que com o óleo diesel metropolitano, exceto para rotações e cargas elevadas.

Considerando-se as inúmeras opções de óleo vegetal em nível nacional para a produção de biodiesel, é de vital importância que sejam conhecidas suas características físico-químicas, seus efeitos nas emissões de gases, desempenho do motor e consumo específico (Maziero, 2005).

## 3. Metodologia

### 3.1 Aparato Experimental

Para a realização dos experimentos utilizou-se um motor diesel de produção com 4 cilindros, turbocooler e injeção mecânica de combustível. As demais especificações do motor são descritas na Tab. 1. Os experimentos foram realizados em um dinamômetro de bancada com capacidade de 210 kW. Para o estudo de emissões de gases foi utilizado um módulo analisador de gases CO, CO<sub>c</sub>, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> que emprega a técnica de raios infravermelhos não dispersivos (NDIR), tendo o opacímetro como parte integrante desse módulo, com precisão de ± 2%.

Tabela 1 – Características do motor de produção.

PARÂMETRO	VALOR
Volume deslocado	2800 cm <sup>3</sup>
Potência máxima	90 kW (122 CV) a 3600 rev/min
Torque máximo	285 N.m (29,0 m.kgf) a 1800 rev/min
Diâmetro × curso do pistão	94,4 × 100 mm
Consumo específico em torque máximo	203 g/kWh (149 g/cvh)
Taxa de compressão	19,5:1

### 3.2 Procedimento Experimental

Os testes para a análise de desempenho foram realizados a plena carga, conforme a norma NBR ISO 1585 (ABNT, 1996), para a faixa de rotação de 1100 a 3600 rev/min, em intervalos 200 rev/min. Simultaneamente, o módulo analisador de gases registrava as concentrações das emissões de poluentes na exaustão do motor. O procedimento dos

testes para a quantificação da opacidade seguiu a norma NBR 13037 (ABNT, 2001). Os testes de opacidade foram realizados após término de todos os testes de desempenho e emissões de poluentes do motor.

Os combustíveis utilizados nesse trabalho são especificados na Tab. 2. O diesel metropolitano foi adquirido em um posto de abastecimento. O biodiesel é produzido na região sul do Estado de Minas Gerais a partir de óleos vegetais de nabo forrageiro e de soja. As misturas entre biodiesel e diesel metropolitano foram realizadas no laboratório de testes do motor. Para obter a homogeneização dos combustíveis realizou-se uma recirculação por bombeamento das misturas antes de cada teste.

Para garantir que um combustível não interferisse nos resultados dos testes com o combustível seguinte, realizou-se a drenagem de toda a linha de alimentação e operou-se o motor em um ciclo de rotação curto para que todo o combustível residual fosse queimado antes do início de cada ensaio. Os combustíveis foram testados na seguinte ordem: B0, B100NF, B50NF, B50SJ e B100SJ. Os resultados apresentados representam a média de três testes realizados para cada condição. O resultado obtido com o óleo diesel metropolitano foi utilizado como referência para comparação com as amostras de biodiesel.

Tabela 2 – Misturas de biodiesel utilizadas.

ESPECIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
B0	100% diesel metropolitano
B100NF	100% biodiesel proveniente de nabo forrageiro
B50NF	Mistura de 50% diesel metropolitano e 50% biodiesel proveniente de nabo forrageiro
B50SJ	Mistura de 50% diesel metropolitano e 50% biodiesel proveniente de soja
B100SJ	100% biodiesel proveniente de soja

#### 4. Resultados

A Fig. 1 mostra para todas as misturas os resultados obtidos para o torque em toda a faixa de rotação do motor. Verifica-se que o motor apresentou o maior torque com 100% de óleo diesel e os menores valores foram obtidos para a mistura com 50% de nabo forrageiro em toda a faixa de rotação. Em média, o torque obtido para a amostra de 50% nabo forrageiro com óleo diesel apresentou valores 16,8% menores que os valores obtidos com óleo diesel puro. Os demais combustíveis forneceram valores intermediários e próximos entre si. Com 100% de biodiesel de nabo forrageiro os valores foram 8,9% menores que os obtidos com o combustível convencional. Quando utilizado 50% de biodiesel soja em óleo diesel os valores obtidos foram 6,2% menores que com o óleo diesel metropolitano. Já com 100% de biodiesel de soja os valores encontrados ficaram em média 10,1% menores que o torque obtido com o óleo diesel. Em termos gerais pode-se dizer que a mistura de 50% de biodiesel de soja e óleo diesel apresentou a menor redução de torque em relação ao combustível convencional.

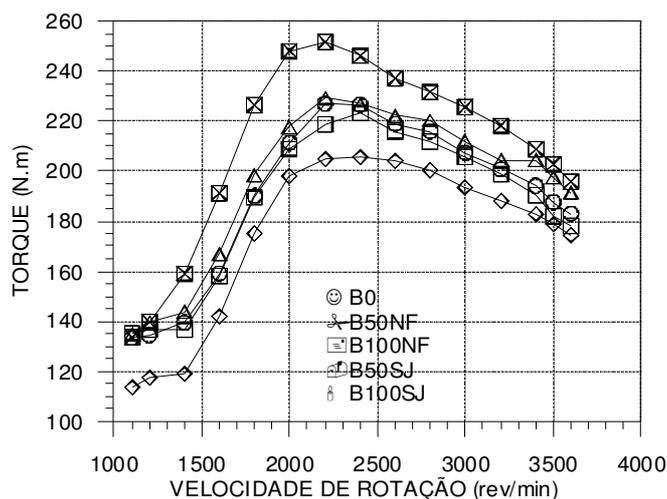


Figura 1 – Variação do torque com a rotação do motor para os combustíveis testados.

Os valores de torque máximo atingidos pelo motor e a rotação que ocorrem para cada combustível são mostrados na Tab. 1. O torque máximo é de 251,8 N.m para o motor operando com B0 a 2200 rev/min. O torque máximo para o motor operando com B100NF e com B50SJ também ocorreram a 2200 rev/min, 9,85% e 8,89 % menores, respectivamente, que o valor obtido com o óleo diesel mineral. Com B50NF e com B100SJ os torques máximos se deram a 2400 rev/min, 18,43% e 11,44% menores, respectivamente, com relação ao obtido com o óleo diesel puro.

Tabela 1 - Torque máximo obtido para os combustíveis testados.

COMBUSTÍVEL	TORQUE MÁXIMO (N.m)	ROTAÇÃO (rev/min)
B0	251,8	2200
B50NF	205,4	2400
B100NF	227,0	2200
B50SJ	229,4	2200
B100SJ	223,0	2400

A Fig. 2 mostra os resultados obtidos para a potência. Nota-se que o comportamento de todas as curvas manteve o mesmo formato para toda a faixa de rotação do motor testada. Da mesma forma que no torque, a maior potência ocorre com o óleo diesel metropolitano e a menor com a mistura de 50% de biodiesel de nabo forrageiro no óleo diesel, com a mistura de 50% de óleo de soja em óleo diesel apresentando os valores mais próximos aos obtidos com o combustível convencional. Os valores de potência máxima atingidos pelo motor e a rotação em que ocorrem são mostrados na Tabela 2. Verifica-se que a potência máxima de 74,40 kW é obtida com óleo diesel metropolitano a 3500 rev/min. A potência máxima para o motor operando com a mistura de 50% de nabo forrageiro no óleo diesel mineral é menor 11,64% em relação àquela obtida com o óleo diesel mineral. Para os demais combustíveis testados, a potência máxima do motor foi menor com a referência à obtida com o óleo diesel em 7,08% para 100% de biodiesel de nabo forrageiro, 2,12% para a mistura de 50% de biodiesel de soja em óleo diesel mineral e 8,86% para 100% de biodiesel de soja.

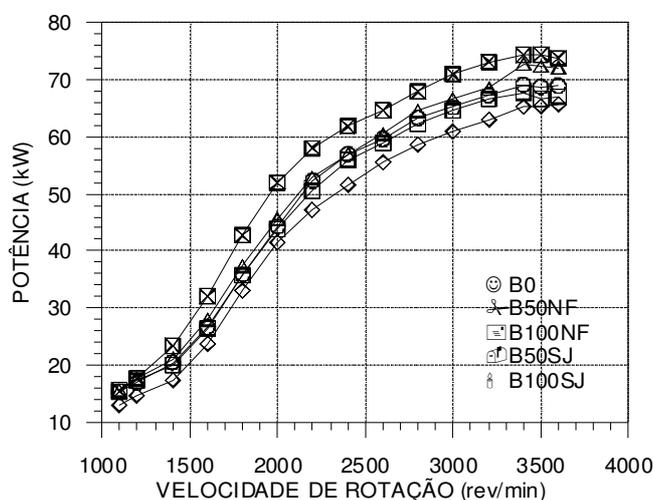


Figura 2 – Variação da potência com a rotação do motor para os combustíveis testados.

Tabela 2 – Potência máxima obtida para os combustíveis testados.

COMBUSTÍVEL	POTÊNCIA (kW)	ROTAÇÃO (rev/min)
B0	74,40	3500
B50NF	65,74	3600
B100NF	69,13	3400
B50SJ	72,82	3400
B100SJ	67,81	3400

A Fig. 3 mostra que o comportamento do consumo específico de combustível foi praticamente idêntico para todos os combustíveis testados. O menor consumo foi obtido para a mistura com 50% de biodiesel de soja em óleo diesel para quase toda a faixa de rotação, em média 0,2% menor que o consumo específico de combustível apresentado pelo óleo diesel metropolitano. O maior consumo específico de combustível aconteceu para a mistura de 50% de biodiesel de nabo forrageiro em óleo diesel, mantendo-se em torno de 12,1% maior que a obtida com o óleo diesel. Já com 100% de nabo forrageiro os valores de consumo específico de combustível foram 2,9% maiores que os obtidos com o óleo diesel mineral. Com 100% de biodiesel de soja os valores encontrados ficaram em média 7,3% maiores que o consumo específico apresentado pelo combustível convencional. Os valores mínimos de consumo específico de combustível atingidos pelo motor e a rotação em que ocorreram são apresentados na Tab. 3.

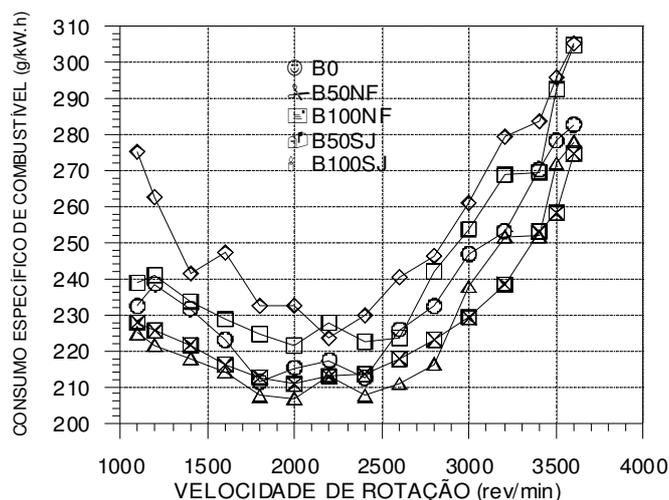


Figura 3 – Variação do consumo específico de combustível com a rotação do motor para os combustíveis testados.

Tabela 3 - Consumo específico de combustível mínimo obtido para os combustíveis testados.

COMBUSTÍVEL	CONSUMO MÍNIMO (g/kW.h)	ROTAÇÃO (rev/min)
B0	210,7	2000
B50NF	223,4	2200
B100NF	211,4	1800
B50SJ	206,7	2000
B100SJ	221,4	2000

Pela Fig. 4 pode-se verificar que o óleo diesel metropolitano apresenta a maior razão de equivalência da mistura combustível/ar, ou seja, operou com a mistura mais rica. Em média, os valores da razão de equivalência da mistura combustível/ar da amostra de 50% de biodiesel de nabo forrageiro são 5,4% menores que os valores obtidos com óleo diesel metropolitano. Já com 100% de biodiesel de nabo forrageiro, os valores da razão de equivalência da mistura combustível/ar foram de 5,5% menores que aqueles do óleo diesel metropolitano. Quando utilizado 50% de biodiesel de soja no óleo diesel os valores obtidos foram 6,4% menores que os do óleo diesel. Com 100% de biodiesel de soja os valores encontrados ficaram, em uma média, 6,3% menores que os do combustível de referência. Estes resultados mostram que as misturas com biodiesel apresentam valores de razão de equivalência da mistura combustível/ar próximos, correspondentes a misturas mais pobres que a do óleo diesel. Os combustíveis que operam com a mistura mais pobre são os que apresentam os menores torque e potência e os maiores consumos específicos de combustível (ver Figs. 1 a 3).

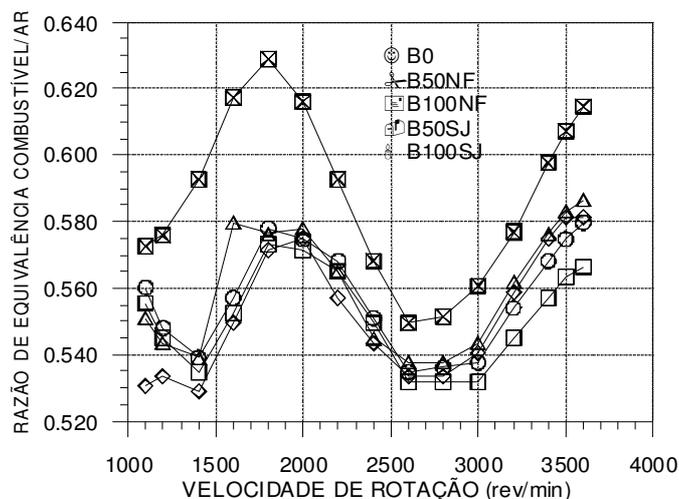


Figura 4 – Variação da razão de equivalência da mistura combustível/ar com a rotação para os combustíveis testados.

A Fig. 5 mostra a concentração de CO na exaustão obtida para cada combustível testado. Observa-se que o motor operando com 100% de biodiesel de nabo forrageiro apresentam valores duas vezes maiores que os obtidos com o óleo diesel metropolitano. Para as demais misturas com biodiesel nota-se menores índices de emissão de CO em relação ao óleo diesel mineral. Em média, as concentrações de CO na exaustão para operação do motor com 50% de biodiesel de nabo forrageiro em óleo diesel são 77,4% menores que os valores obtidos com o óleo diesel metropolitano. Quando utilizado 50% de biodiesel de soja em óleo diesel os níveis de emissões de CO obtidos foram 58,2% menores que os do óleo diesel metropolitano. Já com 100% de biodiesel de soja os valores de emissões de CO encontrados ficaram, em média, 70,0% menores que com o uso do combustível de referência. As emissões de CO máximas apresentadas pelo motor e a faixa de rotação que ocorrem para cada combustível são apresentadas na Tab. 4. Observa-se que, para todos os combustíveis, a emissão de CO é máxima sob baixa rotação. Além disso, os níveis de emissões de CO são baixos, registrando a concentração máxima de 0,155% para a amostra de 100% de biodiesel de nabo forrageiro.

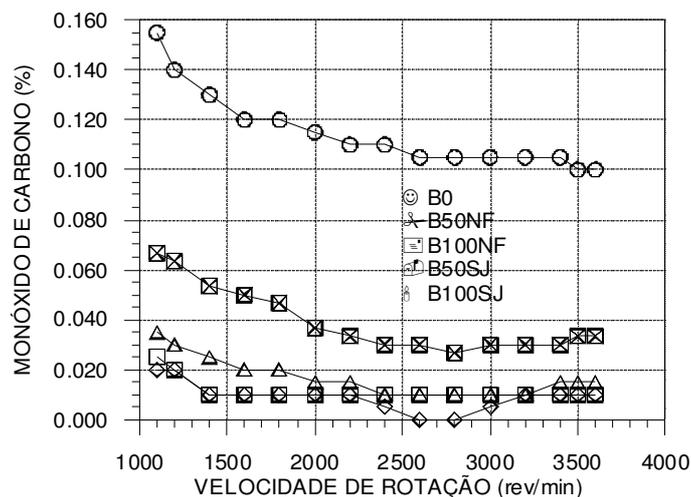


Figura 5 – Variação das emissões de CO com a rotação do motor para os combustíveis testados.

Tabela 4 - Máximas emissões de CO obtidas para os combustíveis testados.

COMBUSTÍVEL	CO MÁXIMO (%)	ROTAÇÃO (rev/min)
B0	0,067	1100
B50NF	0,020	1100-1200
B100NF	0,155	1100
B50SJ	0,035	1100
B100SJ	0,025	1100

A Fig. 6 mostra que os maiores níveis de emissões de HC ocorrem com a amostra de 50% de biodiesel de nabo forrageiro em óleo diesel, que apresentou também o pior desempenho (ver Figs. 1 a 3). Em média, as emissões de HC para este combustível foram 5 vezes maiores que os valores obtidos com óleo diesel metropolitano. Por outro lado, para a amostra com 100% de biodiesel de nabo forrageiro os testes apresentaram valores muito baixos. Para os demais combustíveis (B50SJ e B100SJ), os níveis de emissões de HC ficaram próximos dos valores obtidos para o óleo diesel metropolitano. Quando utilizado 50% de biodiesel de soja em óleo diesel os níveis de emissões obtidos foram 7,7% menores que os do óleo diesel metropolitano. Com 100% soja os valores encontrados para as emissões de HC ficaram, em média, 13,6% maiores que os registrados para o combustível de referência. Os valores máximos HC na exaustão do motor e a rotação em que ocorrem para cada combustível são apresentados na Tab. 5.

A Fig. 7 mostra a variação das emissões de NO<sub>x</sub> com a velocidade de rotação do motor para os combustíveis testados. Verifica-se que óleo diesel metropolitano apresenta índices de emissões de NO<sub>x</sub> muito maiores que as amostras de biodiesel. As emissões de NO<sub>x</sub> da amostra de 50% de nabo forrageiro em óleo diesel apresentaram os menores valores em toda a faixa de rotação do motor, em média 36,1% menores que os valores obtidos com o óleo diesel. Para 100% de biodiesel de nabo forrageiro as emissões de NO<sub>x</sub> foram 30,1% menores que as do combustível de referência. Quando utilizado 50% de biodiesel de soja em óleo diesel os valores obtidos para NO<sub>x</sub> foram 34,1% menores que os valores encontrados para o óleo diesel metropolitano. Com 100% de biodiesel de soja os valores encontrados para as emissões de NO<sub>x</sub> ficaram, em média, 31,6% menores que aqueles para o óleo diesel mineral. Estes resultados indicam que é possível reduzir substancialmente as emissões de NO<sub>x</sub> com o uso do biodiesel. Os valores máximos das emissões de NO<sub>x</sub> atingidos pelo motor e a rotação em que ocorrem para os combustíveis testados são apresentados na Tab. 6.

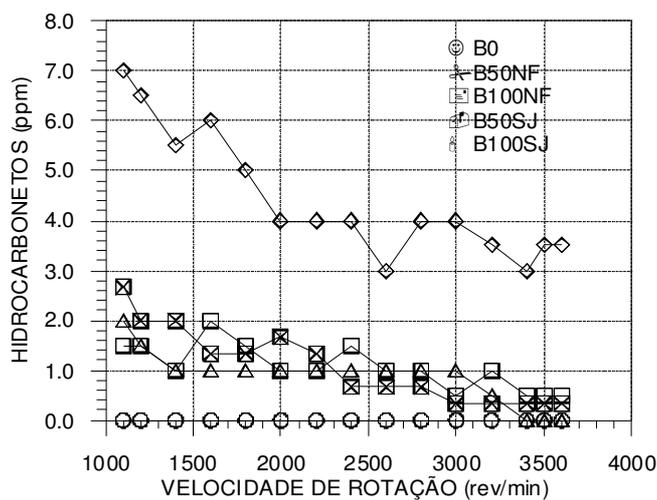


Figura 6 - Variação das emissões de HC com a rotação do motor para os combustíveis testados.

Tabela 5 - Máximas emissões de HC obtidas para os combustíveis testados.

COMBUSTÍVEL	HC MÁXIMO (ppm)	ROTAÇÃO (rev/min)
B0	3	1100
B50NF	7	1100
B100NF	-	-
B50SJ	2	1100
B100SJ	2	1600

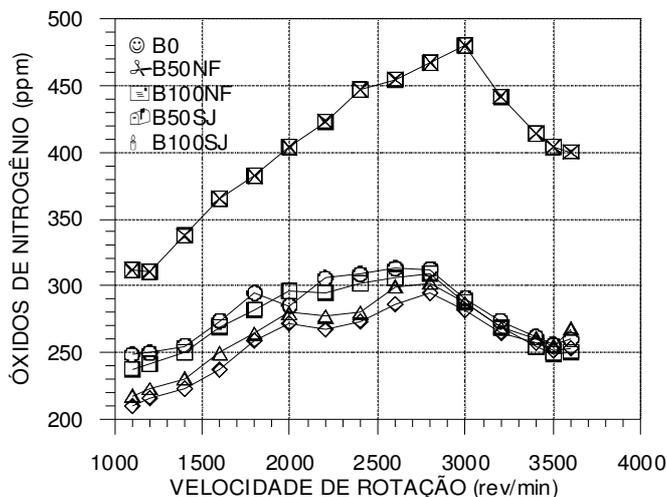


Figura 7 – Variação das emissões de NO<sub>x</sub> com a rotação do motor para os combustíveis testados.

Tabela 6 – Máximas emissões de NO<sub>x</sub> obtidas para os combustíveis testados.

COMBUSTÍVEL	NO <sub>x</sub> MÁXIMO (ppm)	ROTAÇÃO (rev/min)
B0	480	3000
B50NF	295	2800
B100NF	313	2800 / 2600
B50SJ	302	2800
B100SJ	310	2800

A Fig. 8 indica uma tendência de redução da opacidade com aumento da concentração de biodiesel no combustível convencional. O óleo diesel metropolitano apresenta o maior valor de opacidade ( $0,44 \text{ m}^{-1}$ ) e o combustível com 100% de biodiesel de nabo forrageiro apresenta o menor índice de opacidade, chegando a apenas  $0,11 \text{ m}^{-1}$ .

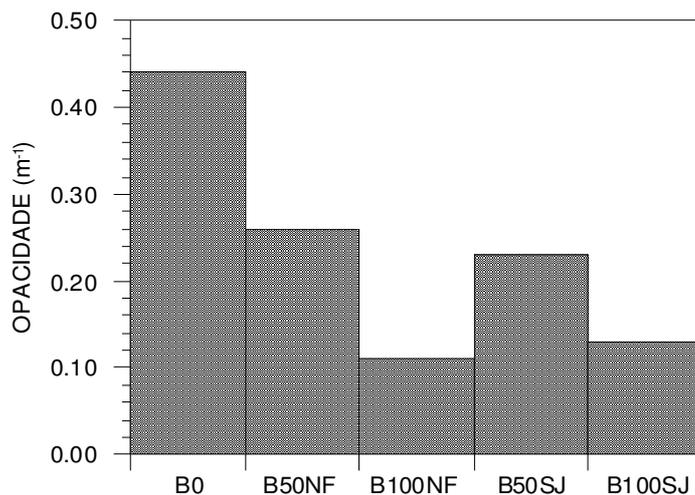


Figura 8 – Opacidade dos gases de exaustão para os combustíveis testados.

## 5. CONCLUSÕES

- A utilização de biodiesel de nabo forrageiro, biodiesel de soja e misturas de 50% destes combustíveis em óleo diesel apresentaram reduções de torque e potência em relação à operação do motor com óleo diesel metropolitano em toda a faixa de rotação testada, de 1100 a 3600 rev/min.
- Dentre as amostras de biodiesel testadas, a mistura de 50% de biodiesel de óleo de soja em óleo diesel foi a que proporcionou ao motor valores de torque e potência mais próximos dos desenvolvidos quando foi utilizado óleo diesel metropolitano como combustível.
- A mistura de 50% de biodiesel de nabo forrageiro em óleo diesel foi a que apresentou o mais baixo desempenho em comparação com a operação do motor com óleo diesel metropolitano.
- Dentre todos os combustíveis testados, a mistura de 50% de biodiesel de soja em óleo diesel apresentou o menor consumo específico de combustível na faixa de rotação de 1100 a 2900 rev/min. Na faixa de rotação de 2900 a 3600 rev/min o óleo diesel metropolitano proporcionou ao motor o menor consumo específico de combustível.
- A amostra de 50% de biodiesel de nabo forrageiro em óleo diesel apresentou o consumo específico de combustível mais elevado em toda a faixa de rotação investigada, exceto a 2200 rev/min, para a qual o consumo específico de combustível para a operação do motor com 100% biodiesel de soja foi mais elevado.
- A mistura ar/combustível para o óleo diesel metropolitano foi mais rica que quando as amostras contendo biodiesel foram testadas.
- As emissões de CO apresentaram níveis baixos para as amostras contendo biodiesel em relação à operação do motor com óleo diesel metropolitano, exceto para a amostra com 100% de biodiesel de nabo forrageiro, para a qual as concentrações de CO registradas foram superiores às do óleo diesel.
- Os maiores níveis de emissões de hidrocarbonetos ocorreram para a amostra de 50% de biodiesel de nabo forrageiro em óleo diesel em toda a faixa de rotação investigada. Com 100% de biodiesel de nabo forrageiro em óleo diesel os níveis de hidrocarbonetos foram os mais baixos. As demais misturas de biodiesel apresentaram resultados de emissões de HC similares aos níveis encontrados para o motor operando com óleo diesel.
- Os níveis de emissões de NO<sub>x</sub> apresentaram reduções em torno de 70% em relação ao óleo diesel metropolitano para operação do motor com todas as amostras de biodiesel testadas. A mistura de 50% de biodiesel de nabo forrageiro em óleo diesel apresentou os níveis mais baixos para toda a faixa de rotação investigada.
- O aumento da concentração de biodiesel na mistura com o óleo diesel metropolitano reduziu substancialmente os níveis de opacidade dos gases de exaustão.
- Num contexto geral, os resultados obtidos com o biodiesel de soja foram mais satisfatórios que os obtidos com o biodiesel de nabo forrageiro, apresentando desempenho mais aproximado do óleo diesel metropolitano e os níveis de emissão de poluentes mais baixos, exceção feita à emissão de HC.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, 1996, “Veículos rodoviários – Código de ensaio de motores – Potência líquida efetiva”, NBR ISO 1585, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT, 2001, “Veículos rodoviários automotores – Gás de escapamento emitido por motor diesel em aceleração livre – Determinação da opacidade”, NBR 13037, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil.
- Maziero, J. V. G.; Corrêa, I. M.; Trielli, M. A.; Bernardi, J. A.; D’ Agostini, M; 2005; “Avaliação do Desempenho de um Motor de Ignição Por Compressão Utilizando Óleo Diesel e Éster Etfílico de Óleo de Girassol Como Combustível”; Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel; p. 729 –733; Varginha, MG, UFLA; 2.
- Muñoz, M. Moreno, F. & Morea, J.; 2004; “Emissions Of An Automobile Diesel Engine, Fueled With Sunflower Methyl Ester”; Transaction of the ASAE, p.5-11.
- Oliveira, E. de; Silva, F. M. da; Barbosa, R., L.; Conde, A. P.; De Souza, R.G.; Lima, P. H. G. de; 2005; “Desempenho Comparativo do Motor de Combustão Alimentado Com Diesel, B2, B5, B20 E B100”; Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel; p. 761-768; Varginha, MG, UFLA; 2.
- Peterson, C. & Reece, D.; 1996; “Emissions Characteristics Of Ethyl And Methyl Ester Of Rapeseed, Oil Compared With Low Sulfur Diesel Control Fuel in a Chassis Dynamometer Test Of a Pickup Truck”; Transaction of the ASAE, p. 805-816.

## PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS FROM AN ENGINE OPERATING WITH SOYBEAN AND WILD RADISH BIODIESEL

### Henrique Avelhaneda Geanezi

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
avelhaneda@yahoo.com.br

### Vander Ferreira Rodrigues

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais  
vander.rodrigues@cetec.br

### Inácio Loiola Pereira Campos

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
inaciolpcampos@terra.com.br

### André Luis Alves Diogo

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
andreufmg2000@yahoo.com.br

### Ramón Molina Valle

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
ramon@demec.ufmg.br

### José Ricardo Sodré

PUC-Minas – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
ricardo@pucminas.br

**Resumo.** Performance and pollutant emissions from an engine operating on biodiesel blends from two different oleaginous plants are compared to results from operation on diesel oil. Full load tests were performed in an engine fuelled by biodiesel from wild radish, soybean and blends of 50% biodiesel from these origins with 50% metropolitan diesel oil. Performance and emissions tests were carried out according to NBR ISO 1585 standard and smoke was measured according to NBR 13037 standard. The performance parameters analyzed were torque, power, and specific fuel consumption. Exhaust CO, HC, NO<sub>x</sub>, and smoke emissions were also analyzed. The results indicate the most adequate fuel mixture for emissions improvement without penalizing engine performance. Generally, there was a small performance reduction for the biodiesel blends, in comparison to metropolitan diesel oil. With respect to pollutant emissions, the results showed a significant reduction for most of the biodiesel mixtures from the two tested sources.

**Keywords:** biodiesel, performance, emissions, internal combustion engines.