



Utilização de biodiesel em microtratores - emissões atmosféricas, consumo específico e consequências para o motor.

Anderson Favero Porte¹, Rosana de Cássia Souza Schneider², Renato Cataluna Veses³, Eliana Weber de Menezes⁴, Flávio Thier⁵

¹ Universidade de Santa Cruz do Sul (aporte@unisc.br)

² Universidade de Santa Cruz do Sul (rosana@unisc.br)

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (rsv@iq.ufrgs.br)

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (eliana@iq.ufrgs.br)

⁵ Universidade de Santa Cruz do Sul (thier@unisc.br)

Resumo

Este trabalho trata da utilização de biodiesel puro de girassol (B100) em motores diesel. Para tanto, a pesquisa foi desenvolvida a campo e em bancada, em dois tipos de motores diesel monocilíndricos de diferentes marcas. Os ensaios em bancada buscaram avaliar a consequência do uso de biodiesel no consumo específico do motor e nas suas emissões de material particulado, CO₂, CO e NO, enquanto os ensaios a campo tiveram por finalidade observar a operacionalidade do uso de biodiesel de girassol em um microtrator, bem como as consequências do uso deste biocombustível para os componentes internos do motor, em termos de desgaste e contaminação do óleo lubrificante. Os resultados mostraram que, em termos de emissões atmosféricas, o uso de B100 reduz as emissões de material particulado, aumenta as emissões de NO e mantém as emissões de CO₂ no mesmo nível quando comparado com o óleo diesel mineral, com a vantagem de ser produzido a partir de um carbono de uma fonte renovável. Em termos emissões de CO, não foi detectada a presença deste composto para nenhum dos combustíveis utilizados (B100 e diesel mineral). Com relação aos ensaios a campo, ficou evidente o problema de partida a frio do motor quando abastecido com B100 e também o desgaste acentuado da camisa do cilindro e a contaminação prematura do óleo lubrificante. Os resultados também mostraram um acréscimo no consumo específico do motor quando abastecido com B100 em relação ao diesel mineral.

Palavras-chave: Biodiesel. Emissões atmosféricas. Consumo específico.

Área Temática: Biocombustíveis.

1 Introdução

Diversos estudos (OBREGÓN, 2004) demonstram que a obtenção de biodiesel a partir de colza, canola, girassol, soja ou palma é ecologicamente correto, sobretudo por que este combustível apresenta uma combustão mais completa do que os hidrocarbonetos, menor emissão de monóxido de carbono, materiais particulados, óxidos de enxofre, de nitrogênio e fuligem.

Em função de fatores como diversidade de clima e solo, o Brasil apresenta condições de produzir biodiesel a partir de inúmeras oleaginosas em diferentes regiões do país, inclusive em pequenas propriedades rurais, o que favorece a agricultura familiar, gerando mais renda em áreas carentes do Brasil, as quais necessitam de alternativas econômicas para a população local. No Rio Grande do Sul, a cidade de Santa Cruz do Sul, situada na região do Vale do Rio Pardo, tem sua economia baseada no cultivo de tabaco, onde os microtratores são equipamentos largamente utilizados. No sentido de diversificar a produção agrícola e de favorecer a economia local, buscou-se desenvolver a cultura do girassol nestas propriedades



agrícolas, com a finalidade de produzir biodiesel para consumo do próprio agricultor. Porém, fez-se necessário avaliar como tal combustível trabalharia no microtrator, em termos de consumo, operacionalidade e desgaste de componentes internos do motor. Esta preocupação justifica-se especialmente pelo fato de que o inverno apresenta-se rigoroso na região, o que pode ser um inconveniente para a utilização de biodiesel em função de a sua viscosidade ser diferente da viscosidade do óleo diesel mineral. Segundo Bozbas (2005), esta característica do combustível passa a ser um problema em temperaturas inferiores a 0°C, sendo muitas vezes aconselhado o uso de aquecedores dentro do tanque de combustível.

Além disso, também se tornou necessário avaliar a consequência do uso deste biocombustível em termos de emissões atmosféricas, a fim de avaliar-se o benefício ambiental que poderia ser esperado pelo seu uso, bem como possíveis modificações que poderiam ser feitas nos motores para melhorar a queima na câmara de compressão reduzindo, assim, tais emissões atmosféricas.

2 Metodologia

Inicialmente, fez-se uma caracterização do biodiesel de girassol utilizado na pesquisa, a fim de determinarem-se as propriedades físico-químicas do combustível em questão e compará-las com os limites indicados pela ANP - Agência Nacional de Petróleo. Após esta caracterização inicial, o trabalho foi dividido em três etapas, sendo duas delas realizadas em bancada e outra realizada a campo.

Em bancada, utilizou-se um motor Toyama, estacionário, quatro tempos, com injeção direta de combustível, operando em rotação fixa. Foram feitos ensaios de consumo específico de combustível e análises das emissões de CO, CO₂, material particulado e NO a partir da queima de biodiesel puro e para diesel mineral. O consumo específico foi obtido através da razão entre a vazão mássica de combustível que alimentou o motor pela potência dissipada por um gerador num banco de resistências. A vazão mássica de combustível foi determinada utilizando-se uma célula de carga, cujo sinal elétrico em função do tempo foi obtido continuamente através de um sistema de aquisição de dados computadorizado. A medida da potência dissipada no banco de resistências foi determinada pelo produto da tensão e da corrente elétrica, as quais foram obtidas através da aquisição de seus respectivos sinais elétricos, multiplicados pelos seus fatores de conversão. Os resultados obtidos correspondem à média de cinco ensaios para diesel e para B100, sendo que cada ensaio teve uma duração de dez minutos.

As emissões de CO e CO₂ foram obtidas por cromatografia gasosa TCD LD = 0,01%. Os resultados de emissões de NO foram obtidos por reação de quimiluminescência LD = 0,001%, enquanto que o material particulado foi determinado por análise gravimétrica em função do volume do gás amostrado a 300°C.

Os ensaios a campo foram realizados em uma propriedade rural localizada a 10km de Santa Cruz do Sul, na localidade de Passo do Sobrado. O microtrator utilizado foi um modelo GN 18, marca Tramontini, monocilíndrico, com injeção direta de combustível e potência de 18CV a 2200 RPM. Tal microtrator já estava em uso no momento do início dos testes a campo, motivo pelo qual foi realizada uma reforma inicial que consistiu em regulagem válvulas, ponto de injeção e substituição dos seguintes componentes:

- Elemento da bomba injetora;
- Válvula de recalque da bomba injetora;
- Elemento do bico injetor;
- Elemento do filtro de combustível;
- Juntas da bomba injetora, cabeçote, tampa de válvulas e coletores de admissão e



escape.

- 3,5 litros de óleo lubrificante SAE 15 w 40.

Os ensaios a campo foram executados no período de abril/2007 até setembro/2008 e tiveram a duração de 650h, tempo equivalente à 40.000km rodados pelo microtrator. Foi tomada uma amostra de óleo lubrificante no início dos testes, sendo recolhidas mais outras quatro amostras, com 100h, 200h, 500h e 650h de uso. Tais amostras foram analisadas por espectrometria a fim de identificar possíveis contaminações no lubrificante que pudessem comprometer o desempenho do equipamento, como por exemplo presença de material sólido ou de combustível. Após o período de 650h, foram avaliados o grau de contaminação do óleo lubrificante, desgaste nos componentes internos do motor e condições do sistema de injeção, através de um teste de estanqueidade e pressão.

3 Resultados e discussão

A tabela 1 mostra os resultados obtidos na caracterização do biodiesel utilizado. Tais resultados mostraram que a densidade do biodiesel utilizado (882 kg/m³) está bastante próxima ao valor especificado pela ANP (858 kg/m³). Além disso, a viscosidade do biodiesel que tem influência direta na atomização do combustível dentro da câmara de compressão, ficou dentro dos limites estabelecidos pela ANP (entre 2,0 e 5,4 cSt). Finalmente, destaca-se o valor encontrado para o teor de água e sedimentos (0,1%), que é o dobro do valor recomendado pela ANP. Os demais resultados encontrados ficaram dentro dos limites estabelecidos pela ANP ou não tiveram relação com os resultados obtidos.

Tabela 1 - Caracterização do biodiesel utilizado nos ensaios em bancada e a campo

Ensaio	Resultados	Especificação
Aspecto	Apresenta turbidez	Límpido e isento de impurezas
Densidade* à 20°C; kg/m ³	882,8	858
Estabilidade à corrosão à 110°C*; h	1,0	6 (mín)
Corrosividade ao cobre*; 3h à 50°C	1b	1 (máx)
Viscosidade cinemática*; mm ² /s (cSt)	4,454	2,0 à 5,4
Teor de água e sedimentos*; % volume	0,1	0,05 (máx)
Teor de cinzas sulfatadas*; % massa	0,012	0,02 (máx)
Micro resíduo de carbono*; % massa	0,02	0,1 (máx)
Ponto de fulgor*; °C	103	100 (mín)
Teor de sódio + Potássio*; mg/kg	Não detectado (<2,0)	10 (máx)
Índice de acidez; mgKOH/g	1,04 ± 0,05	0,80 (máx)
Índice de iodo; mgKOH/g	122,83 ± 9,79	130 (máx)
Índice de saponificação; mgKOH/g	246,34 ± 0,69	186-194
Índice de refração; η _D	1,460 ± 0,00	1,467-1,469
Índice de peróxido; meq/Kg	0,060 ± 0,00057	10 (máx)

* Resolução ANP 42



Com relação às emissões atmosféricas, a figura 1 mostra a variação entre as emissões do diesel e do biodiesel de girassol (B100) utilizado.

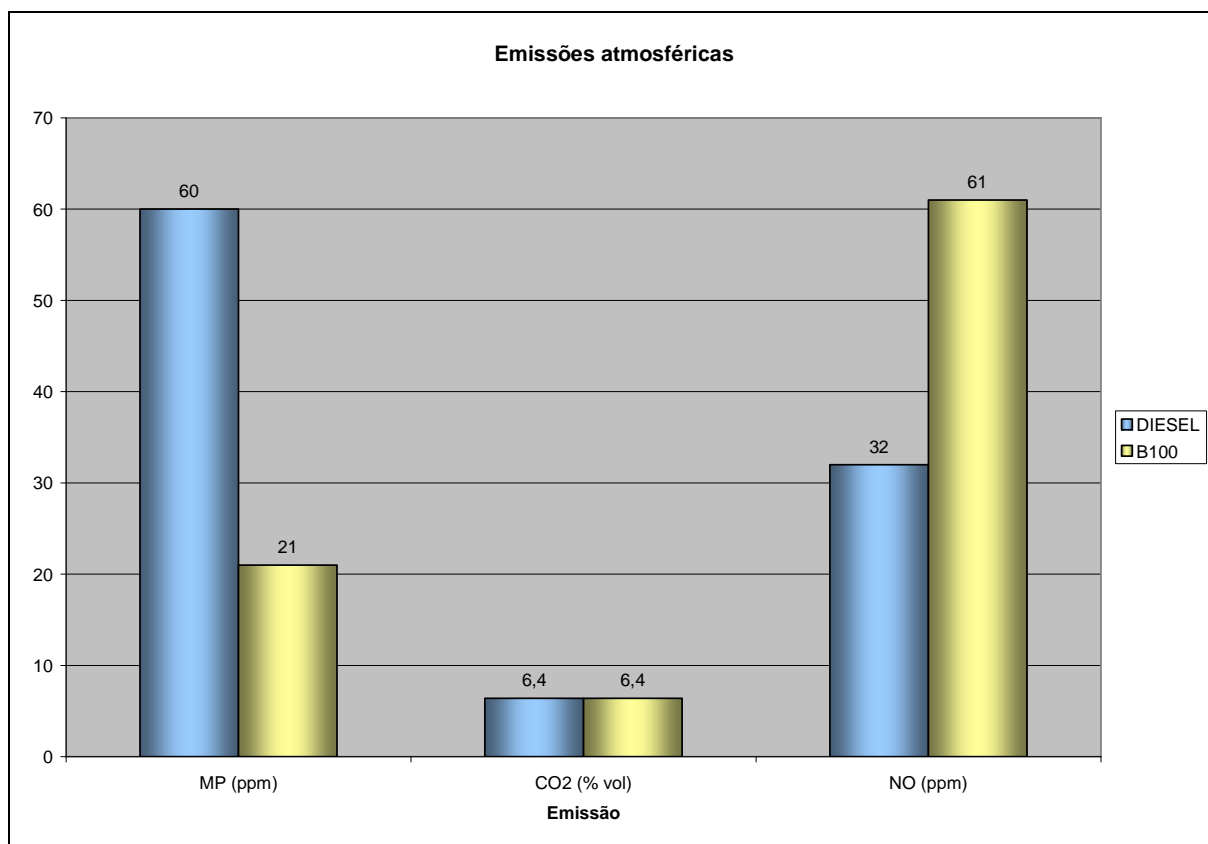


Figura 1 - Emissões atmosféricas provenientes do diesel e biodiesel de girassol - B100

Com relação às emissões de material particulado, os resultados mostram uma redução de 54,9% nesta emissão, quando se compara B100 com diesel mineral. Tal resultado concorda com os resultados obtidos por Reyes e Sepúlveda (2006), que testaram biodiesel de óleo de salmão em um motor diesel e obtiveram uma redução de 50% nestas emissões. Outro resultado semelhante foi encontrado por Kozersky e Hess (2006), que observaram uma redução de 70% nas emissões de material particulado em uma frota de ônibus quando utilizaram biodiesel de soja.

Em termos de emissões de CO₂, não houve diferença entre esta emissão em função do combustível utilizado. Todavia, cabe salientar que esta emissão proveniente da queima do biodiesel foi produzida a partir de uma fonte renovável e será posteriormente capturada durante a fotossíntese da planta de girassol, o que significa uma redução do CO₂ emitido a partir da queima do diesel mineral. Considerando que o efeito estufa é agravado por este tipo de emissão, quando ela é proveniente de fontes renováveis passa a ser um aspecto positivo sob o ponto de vista ambiental.

A figura 1 mostra ainda que houve um aumento de 90,62% nas emissões de NO quando se compara B100 com diesel mineral. Segundo Zhang e Boehman (2007), as causas do aumento das emissões de óxidos de nitrogênio em função do uso de biodiesel não estão totalmente esclarecidas. Os mesmos autores sugerem que o avanço ou atraso da injeção do combustível e a presença de compostos oxigenados no biodiesel são fatores que podem ser associados ao acréscimo deste tipo de emissão. Uma vez que não foi feita qualquer alteração nos tempos de injeção do motor durante os testes, a segunda hipótese seria a mais provável para explicar o aumento deste tipo de emissão.



Os resultados de emissões de CO ficaram abaixo de 0,01%, não tendo sido evidenciada a presença deste composto no escapamento do motor através da instrumentação utilizada nos ensaios.

Paralelamente aos ensaios de emissões atmosféricas, também foram coletadas informações referentes ao consumo específico de combustível. Para diesel mineral, obteve-se um consumo específico de 374g/kWh de potência, enquanto que para B100, este valor aumentou para 425g/kWh. Tal incremento (13,64%) sugere a necessidade de alterações no motor para garantir um consumo de combustível mais próximo do diesel para a mesma potência gerada. Um resultado semelhante foi obtido por Lopes et. al (2005), que relataram um aumento de 18% no consumo específico de um trator funcionando com B100 em relação ao mesmo trator operando com diesel mineral.

Com relação aos ensaios a campo, o microtrator não apresentou problemas de operacionalidade (vibrações, falta de potência ou torque) durante as 650h em que foi abastecido com biodiesel de girassol. O único inconveniente evidenciado foi a dificuldade de partida a frio, ou seja, em ligar o motor em dias com baixas temperaturas ambiente.

Para avaliação do desgaste interno do motor, foram feitas medições na camisa do cilindro, pistão e folga entre ponta de anéis, com 200h e 650h de uso, cujos resultados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Medições internas feitas no motor em função do tempo de uso do microtrator

COMPONENTE	VALOR MEDIDO (mm) 200h	VALOR MEDIDO (mm) 650h	VALOR PADRÃO (mm)*
Camisa do cilindro	100,02	100,06	100
Pistão	99,85	99,84	99,90
Folga entre ponta de anéis	0,80	1,90	0,30 - 0,50

*Conforme dados do fabricante do microtrator.

A tabela 2 mostra que a camisa do cilindro e o pistão foram sofrendo desgaste ao longo das horas de uso de biodiesel, afastando-se do valor especificado pelo fabricante. Estes fatores aliados à folga excessiva entre ponta de anéis, que também aumentou com o número de horas de uso de B100, podem ter acarretado perda de compressão e conseqüente redução na eficiência de queima, perda de torque e potência, além de maior consumo de óleo lubrificante, arrastado para a câmara de compressão durante o movimento do pistão.

Além disso, também ficou evidenciado, por meio de análise visual, o espelhamento da camisa do cilindro do motor já com 200h de uso, que se apresentou mais acentuada ao término das 650h de testes. A figura 2 mostra a perda do brunimento (tratamento superficial que colabora para evitar que o óleo lubrificante atinja a câmara de compressão) e o espelhamento da camisa do cilindro.

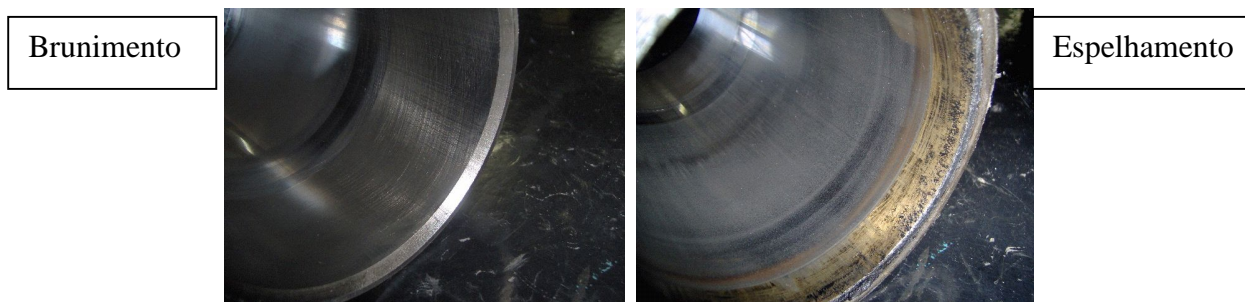


Figura 2 - Espelhamento da camisa (perda do brunimento)



Segundo Tomanik (2000), este desgaste, denominado desgaste de deslizamento, identifica-se por uma superfície polida que se apresenta após certo tempo e ocorre sob certas condições em que as pressões hidrodinâmicas desenvolvidas não são capazes de manter as superfícies separadas e, conseqüentemente, parte da carga passa a ser suportada pelas asperezas presentes nestas superfícies. Diante disso, a probabilidade de contaminação de óleo lubrificante por biodiesel, assim como a passagem de óleo lubrificante para a câmara de combustão aumenta consideravelmente, o que ficou evidenciado após a análise espectrométrica do óleo lubrificante, que indicou a presença de carbonila. A carbonila é um grupo funcional existente em óleos e ésteres e, portanto, indica a presença de biodiesel no óleo lubrificante. Esta presença foi identificada já com 100h de uso do microtrator e acentuou-se com a utilização do equipamento, sendo necessária a troca completa do óleo lubrificante com 500h de uso. Salienta-se, no entanto, que a periodicidade de troca de óleo lubrificante recomendada pelo fabricante é de 100h de uso, bem abaixo do número de horas que foi considerado nos testes, que tiveram o intuito de avaliar o desgaste interno do motor em função do biodiesel.

Finalmente, em termos de sistema de injeção, até 200h de uso não foi identificado nenhum problema que pudesse ter sido causado pelo uso de B100, uma vez que no teste de estanqueidade o bico não apresentou vazamentos e, na bancada, apresentou uma pressão dentro dos limites especificados pelo fabricante (170bar à 180bar). Todavia, com 650h, apesar de manter a mesma pressão de injeção, o bico injetor não apresentava mais uma boa estanqueidade, razão pela qual foi efetuada sua substituição ao final dos testes. Este fator pode estar relacionado com a presença de água no B100 (o dobro do recomendado pela ANP), o que prejudica a lubrificação interna da bomba injetora, provocando desgaste no seu elemento interno, como fica evidenciado na figura 3.



Figura 3 - Detalhe da região desgastada no elemento da bomba injetora



4 Comentários finais

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a utilização de biodiesel em microtratores reduz as emissões de material particulado, aumenta as emissões de NO e, embora não reduza as emissões de CO₂, favorece a redução do efeito estufa no sentido de que apresenta um carbono de uma fonte renovável nesta emissão.

Com relação ao consumo específico, ficou evidenciado que este parâmetro aumenta para o uso de B100, fruto do menor poder calorífico do biodiesel quando comparado ao diesel mineral.

Por fim, os ensaios a campo mostraram que o uso de B100 em microtratores ainda não é viável tecnicamente, face aos desgastes de camisa, pistão e anéis evidenciados, bem como em função da contaminação do óleo lubrificante que ocorreu já com 100h de uso de B100.

5 Referências Bibliográficas

- BOZBAS, K.; Biodiesel as an alternative motor fuel: production and policies in the European Union. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2005.
- KOZERSKY, G. R., HESS, S.C.; Estimation of the atmospheric pollutants emitted in Campo Grande / MS by buses and minibuses which employ diesel, biodiesel or natural gas as fuel. **Nota Técnica - Engenharia Sanitária e Ambiental**, Vol. II - N° 2 - abr/jun 2006, 113 - 117.
- LOPES, A., REIS, G. N. dos, DABDOUB, M. J., FURLANI, C. E. A., SILVA, R. P., CÂMARA, F. T. da, BATISTA, A. C. F., BARBOSA, P. B.; Trator funcionando com biodiesel filtrado e destilado. **IN: II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**. Universidade Federal de Lavras. Brasil, 2005.
- ÓBREGON, D. L.; Obtenção de biodiesel através da transesterificação enzimática: energia alternativa para o desenvolvimento. **IN: Prêmio Mercosul de Tecnologia**, 2004.
- REYES, J. F., SEPULVEDA, M. A.; PM 10 emissions and power of a diesel engine fueled with crude and refined biodiesel from salmon oil. **Fuel** 85 (2006) - 1714 - 1719.
- TOMANIK, E.; Modelamento do desgaste por deslizamento em anéis de pistão de motores de combustão interna (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, 2000.
- ZHANG, Y, BOEHMAN, A. L.; Impacto of biodiesel on NOx emissions in a common rail direct injection diesel engine. **Energy and Fuels** (2007), 21, 2003 - 2012.