

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**BIODIESEL DE MAMONA EM TRATOR: DESEMPENHO EM
FUNÇÃO DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO E DA
PROPORÇÃO BIODIESEL/DIESEL EM CONDIÇÃO DE
PREPARO DE SOLO**

Melina Cais Jecic de Oliveira

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2012
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**BIODIESEL DE MAMONA EM TRATOR: DESEMPENHO EM
FUNÇÃO DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO E DA
PROPORÇÃO BIODIESEL/DIESEL EM CONDIÇÃO DE
PREPARO DE SOLO**

Melina Cais Jejcic de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Afonso Lopes

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2012

O48b

Oliveira, Melina Cais Jecic de
Biodiesel de mamona em trator: desempenho em função do período de armazenamento e da proporção biodiesel/diesel em condição de preparo de solo/ Melina Cais Jecic de Oliveira. -- Jaboticabal, 2012
vii, 82 f.: il.; 28 cm

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal para Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo 2012.

Orientador: Afonso Lopes

Banca examinadora: Afonso Lopes, Gilberto Hirotsugu Azevedo Koike e Teresa Cristina Tarlé Pissarra,
Bibliografia

1. Consumo específico. 2. Opacidade da fumaça. 3. Escarificação.
4. Velocidade de deslocamento I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.372

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Melina Cais Jecic de Oliveira - Filha de Francisco Carlos de Oliveira e Magali Aparecida Cais Jecic de Oliveira, nasceu em Ribeirão Preto, São Paulo, em 08 de maio de 1986. cursou o primeiro e o segundo graus em Ribeirão Preto – SP. Em 2005, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal – SP, concluindo-o em fevereiro de 2010. Durante a vida acadêmica, desempenhou funções, tais como: Bolsista de Iniciação Científica (CNPq - PIBITI) por dois anos consecutivos (renovação), desenvolvendo projeto de pesquisa intitulado “Desempenho de tratores agrícolas com biodiesel”. Em agosto de 2010, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, na Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, concentrando-se na área de Mecanização e Máquinas Agrícolas. Em fevereiro de 2012, submeteu-se à banca examinadora para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

A Deus e nosso Senhor Jesus Cristo, por tudo.

Agradeço

A meus pais: *Francisco Carlos de Oliveira e Magali Aparecida Cais Jecic de Oliveira*, pelo amor, carinho, confiança, respeito, dedicação e luta para que eu conseguisse chegar até aqui.

Homenageio

A minha irmã: *Mirella Cais Jecic de Oliveira*, pelo companheirismo, amizade, amor.

A meu namorado: *Mário Edson Pereira*, pelo respeito, carinho e amor.

A meus avós: *Antenor de Oliveira, Isaura Pereira de Oliveira, Walter Jecic e Alha Cais Jecic*, por fazerem parte da minha formação e acreditarem em meu potencial.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo presente da vida sempre com saúde e por sempre estar comigo no dia a dia, dando-me força para executar minhas funções.

À minha família, pai, mãe e irmã, que confiaram em meu trabalho e torceram para o meu sucesso a cada dia.

À UNESP, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade de ensino e aprendizado.

Ao Departamento de Engenharia Rural da Unesp-Jaboticabal, destacando a amizade dos Professores, Funcionários e Alunos.

Ao amigo e Prof. Dr. Afonso Lopes, por acreditar em meu potencial, pelo apoio, amizade, orientação e companheirismo dispensado a mim durante todos estes anos.

Aos Prof. Dr. Felipe Thomaz da Camara e Prof. Dr. Leomar Paulo de Lima, pela orientação, dedicação, confiança, principalmente pela amizade e respeito a minha vida pessoal e acadêmica.

Ao CNPq, à FAPESP, à CAPES, à Valtra do Brasil e à Coopercitrus, pelo apoio financeiro, material e logístico ao Projeto Biodiesel, o que fez a diferença para que este trabalho se concretizasse.

Ao LADETEL-USP de Ribeirão Preto e, em especial, ao Prof. Dr. Miguel Joaquim Dabdoub, Coordenador do LADETEL e Coordenador Geral do projeto Biodiesel Brasil, por ter fornecido o biodiesel utilizado neste trabalho.

Aos Profs. Drs. Rouverson Pereira da Silva, Carlos Eduardo Angeli Furlani e Teresa Cristina Tarlé Pissarra que também contribuíram para minha formação acadêmica. Ao Dr. e amigo Gilberto Hirotsugu Azevedo Koike, pela orientação e contribuição na correção do artigo para qualificação.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Sr. Davi Aparecido Trevizolli, ao Técnico Agrícola Aparecido Alves (Cido), aos operadores de Máquinas Valdecir Aparício (Maranhão) e Sebastião Francisco da Silva Filho (Tiãozim), pela participação efetiva durante a fase de coleta de dados, muitas vezes trabalhando fora do horário do expediente, sempre com dedicação e carinho.

Agradecimentos especiais a meus colegas de pós-graduação: Murilo Coelho Teodoro Neves, Marcelo Cassia, Rafael Bertonha, Ariel Compagnon, Fábio Cavichioli,

Érica Tricai e Marcelo Boamorte, pelo companheirismo durante o desenvolvimento deste trabalho.

A meu namorado Mário Edson Pereira, pelo incentivo, apoio, companheirismo e dedicação a mim para o bom desenvolvimento do trabalho. E por todo amor e carinho dado a cada dia.

Às amigas: Marina Luciano Sartori, Aline Yumi Ushirobira Shiromaru, Nataly Marques, Lívia de Toledo Buttarello, Renata Bombonato Strini Paixão, Camila Soares Rosa, Michele Keyco Miazaki e Francine Romano, por estarem ao meu lado mesmo a distância, por participarem de cada momento de minha vida, nas tristezas e alegrias, e por me dedicarem amizade sincera.

A todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
I INTRODUÇÃO	1
II REVISÃO DE LITERATURA	3
1 Biodiesel	3
2 A Cultura da Mamona	12
3 Emissão de Poluentes	17
4 Desempenho Operacional	21
III MATERIAL E MÉTODOS	24
1 Área Experimental.....	24
2 Solo.....	24
3 Biodiesel	24
4 Tratores	25
5 Instrumentação do trator-teste para o ensaio de desempenho	25
5.1 Rotação da tomada de potência	25
5.2 Rotação dos rodados.....	26
5.3 Velocidade de deslocamento	26
5.4 Força na barra de tração	26
5.5 Consumo de combustível	27
5.6 Sistema de aquisição de dados	27
6 Instrumentação do trator-teste para o ensaio de opacidade da fumaça	28
6.1 Opacímetro	28
7 Condução do trabalho.....	30

	Página
8 Delineamento experimental	31
9 Tratamentos	31
10 Ensaio I – Desempenho do trator.....	32
10.1 Escarificador	32
10.2 Uso dos tratores.....	33
10.3 Rotação do motor	35
10.4 Patinagem dos rodados.....	35
10.5 Velocidade real de deslocamento	36
10.6 Força média na barra de tração.....	36
10.7 Potência na barra de tração	36
10.8 Consumo de combustível	37
10.9 Consumo horário volumétrico	37
10.10 Consumo horário ponderal.....	38
10.11 Consumo específico	38
10.12 Densidade dos combustíveis	39
11 Ensaio II – Opacidade da Fumaça do Motor do Trator	40
12 Análise estatística	40
12.1 Análise de variância e teste de médias	40
12.2 Análise de Regressão.....	40
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
1 Ensaio I – Desempenho do Trator	42
1.1 Rotação do motor	42
1.2 Patinagem dos rodados.....	42
1.3 Força de tração	44
1.4 Velocidade de deslocamento	44
1.5 Potência na barra de tração	44
1.6 Consumo horário volumétrico	44
1.7 Consumo horário ponderal	45

	Página
1.8 Consumo específico	46
2 Ensaio II – Opacidade da Fumaça	47
V CONCLUSÕES	51
VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÊNDICE	63

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Relação e designação dos tratamentos dos ensaios I e II.	32
2. Resultados médios para as variáveis rotação no motor (Rot motor), patinagem média dos rodados, força na barra de tração, velocidade de deslocamento e potência na barra de tração.....	43
3. Resultados médios para as variáveis consumo horário volumétrico (Chv), consumo horário ponderal (Chp) e consumo específico (Ce).....	45
4. Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável opacidade da fumaça.....	48
5. Desdobramento da interação período de armazenamento e proporção de biodiesel para a variável opacidade da fumaça (m^{-1}).....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Evolução do marco regulatório.....	12
2. Vista lateral do trator de teste com instrumentação completa	28
3. Instrumentação utilizada no ensaio de opacidade da fumaça	29
4. Vista geral do trator instrumentado para o ensaio de opacidade da fumaça	30
5. Esquema das parcelas	31
6. Dinâmica do ensaio de desempenho	34
7. Consumo específico em função da proporção de Biodiesel de mamona.....	47
8. Representação gráfica da opacidade da fumaça em função da proporção de mistura de biodiesel de mamona etílico destilado com diesel, nos três períodos de armazenamento	50

BIODIESEL DE MAMONA EM TRATOR: DESEMPENHO EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO E DA PROPORÇÃO BIODIESEL/DIESEL EM CONDIÇÃO DE PREPARO DE SOLO

RESUMO - Biodiesel é um combustível renovável, biodegradável e produzido a partir de óleo vegetal ou de gordura animal por meio de transesterificação. A viabilidade desse produto como fonte alternativa de energia depende de vários fatores, entre os quais se destacam a proporção de mistura e a estabilidade durante o período de armazenamento, uma vez que a disponibilidade de matéria-prima é sazonal e varia de acordo com a safra de cada cultura. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho operacional e a opacidade da fumaça de trator agrícola funcionando com biodiesel de mamona, cujos fatores estudados foram o período de armazenamento e a proporção de mistura biodiesel/diesel. O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural, da UNESP/Jaboticabal, em parceria com o LADETEL/USP-Ribeirão Preto. O período de armazenamento do combustível foi de zero, três e seis meses após a data da fabricação, e as proporções de mistura biodiesel/diesel foram de 0% de biodiesel (B0), 5% de biodiesel (B5), 25% de biodiesel (B25), 50% de biodiesel (B50) e 100% de biodiesel (B100). Os resultados evidenciaram aumento no consumo específico a partir da mistura com 25% de biodiesel; entretanto, o período de armazenamento não influenciou no consumo. A opacidade da fumaça reduziu-se a partir da adição de 5% de biodiesel, destacando-se que o período de armazenamento influenciou na referida variável.

PALAVRAS-CHAVE: consumo específico, opacidade da fumaça, escarificação e velocidade de deslocamento.

CASTOR-OIL BIODIESEL IN TRACTOR: PERFORMANCE AS A FUNCTION OF STORAGE AND PROPORTION OF BIODIESEL / DIESEL ON CONDITION OF SOIL MANAGEMENT

SUMMARY -. Biodiesel is a renewable, biodegradable and made from vegetable oil or animal fat through transesterification fuel. The viability of this product as an alternative energy source depends on several factors, among which stand out the mixing ratio and stability during the storage period, since the availability of raw materials is seasonal and varies due to cropping of each plant. This study aimed to evaluate the operational performance and opacity of smoke tractor running biodiesel from castor beans the factors studied were the period of storage and mixing ratio biodiesel/diesel. The experiment was conducted at the Department of Rural Engineering, UNESP/Jaboticabal, in partnership with the Ladetel/USP-Ribeirão Preto. The fuel storage period was zero, three and six months after the date of manufacture, and the proportions of mixing biodiesel/diesel were 0% biodiesel (B0), 5% biodiesel (B5), 25% biodiesel (B25), 50% biodiesel (B50) and 100% biodiesel (B100). The results showed an increase in specific consumption from the mixture with 25% biodiesel, however, the storage period had no effect on consumption. The opacity of the smoke dropped from the addition of 5% biodiesel, and the storage period influenced by that variable.

KEYWORDS: specific consumption, smoke opacity, scarifier and speed.

I INTRODUÇÃO

Biodiesel caracteriza-se por ser um produto renovável e produzido a partir de óleo vegetal ou gordura animal (ambos novo ou residual) e álcool anidro, na presença de um catalisador, sendo tal reação denominada transesterificação. É um biocombustível indicado para motores de ignição por compressão de ciclo diesel, podendo ser utilizado como aditivo ou em substituição ao diesel de petróleo.

A etapa de purificação do biodiesel pode ser feita por filtração ou destilação (biodiesel filtrado ou destilado, respectivamente). Também pode variar o tipo de álcool, metanol ou etanol, originando biodiesel metílico ou etílico, respectivamente.

Nos últimos anos, intensificaram-se os estudos de aplicação de biodiesel em motores, principalmente no funcionamento de tratores agrícolas. Tais pesquisas têm demonstrado relevante viabilidade técnica, apesar do aumento no consumo de combustível, pressupondo-se que tal fato seja relacionado ao menor poder calorífico do referido produto comparado ao diesel.

A produção de biodiesel tem como grande fonte de matéria-prima os óleos residuais e também os óleos degomados produzidos a partir de produtos vegetais, o que causou interesse científico em vários países europeus bem como dos EUA. Ressalta-se a importância de estudos com o objetivo de reduzir o custo de produção e procurar alternativas de uso de tal produto, assim como a importância do suporte governamental para tornar viável a produção e o uso do biodiesel.

Relacionado às propriedades físico-químicas, é previsto que o biodiesel atenda aos padrões vigentes da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), pois determinadas alterações podem comprometer o funcionamento do motor e reduzir sua vida útil. Outra característica do referido biocombustível é a redução dos gases de efeito estufa, bem como da opacidade da fumaça, uma vez que o biodiesel é livre da presença de enxofre que é utilizado no diesel para conferir lubrificidade. Esta característica pode ser conferida ao diesel utilizando-se de biodiesel como aditivo.

O Brasil é um país com dimensões continentais com aproximadamente (851 milhões de ha) e por isso, quando se pensa em biodiesel, existem várias opções de

matéria-prima, como é o caso da soja, do amendoim, do girassol, da mamona, do dendê, do tucumã, entre outros. A mamona em especial tem grande potencial oleaginoso e é muito frequente na região Nordeste. Trabalhos de biodiesel que envolvam a referida oleaginosa e o desempenho são relevantes para os especialistas do assunto, para os distribuidores de combustíveis, para os usuários e para todos os envolvidos no assunto biodiesel.

A alta viscosidade do biodiesel de mamona é prejudicial para os motores a diesel tornando-o inadequado para ser utilizado nos tanques. Somente como mistura ao diesel fóssil ou a outro biodiesel menos viscoso, se enquadrará às exigências da especificação da ANP ($3,0 - 6,0 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$).

Várias pesquisas têm sido conduzidas para avaliar a qualidade dos biocombustíveis armazenados. Porém, são poucos os trabalhos encontrados que relacionam proporções e tempo de armazenamento do biodiesel com o desempenho de tratores e trabalhos específicos de biodiesel de mamona aplicado em tratores.

Diante deste cenário, para avaliar a viabilidade do biodiesel, torna-se fundamental o conhecimento das características do funcionamento das máquinas com o combustível ou mistura dele com diesel, as quais podem ser conhecidas através de ensaios de desempenho.

Pressupõe-se que a estocagem do biodiesel de mamona por períodos prolongados comprometa o desempenho operacional do trator, bem como a opacidade da fumaça.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o consumo de combustível, a opacidade da fumaça e o desempenho de trator agrícola quando alimentado com biodiesel de mamona submetido a três períodos de armazenamento em condição ambiente e cinco proporções de mistura com o diesel. Também foi objetivo deste trabalho ensaiar a vazão da bomba de abastecimento e a densidade do combustível em cinco proporções de mistura entre biodiesel de mamona e diesel.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 Biodiesel

Dado que as reservas mundiais de petróleo totalizam 1,193 trilhão de barris, e o consumo anual deste combustível fóssil está estimado em 90 milhões de barris/dia, chega-se à conclusão de que as reservas mundiais de petróleo se esgotarão por volta do ano de 2046. Além disso, é importante ressaltar que, nesse cálculo, não foi contabilizada a tendência do crescimento no consumo, o que leva à conclusão de que, não havendo novas descobertas de reservas de petróleo, esse tempo ainda diminuiria. Por outra parte, é de se prever que, antes do esgotamento das reservas, o preço do petróleo ficará tão elevado que sua utilização como combustível não seria mais interessante, denotando a necessidade da obtenção de alternativas de recursos energéticos que permitam a substituição do petróleo (ANP, 2011).

Os fatores que contribuíram para adesão de muitos países ao uso de combustíveis alternativos foram as crises do petróleo, ocorridas na década de 70, conhecidas como 1º e 2º Choques do Petróleo. Além disso, os sucessivos aumentos do preço do petróleo, o alto grau de poluição causado pelos combustíveis fósseis e as crescentes preocupações ambientais também foram relevantes (SATURNINO et al. 2005).

Segundo FERRARI et al. (2005), no ano de 2005 a maioria da energia consumida no mundo provinha do carvão, petróleo e gás natural. Atualmente, 89% da energia consumida no mundo ainda vem de fontes fósseis, com altas emissões de CO₂, e 1,4 bilhão de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade e os cálculos mostram que o mundo terá de dobrar a produção de energia até 2030. Segundo a ONU, o investimento em fontes alternativas de energia será a única solução para responder ao desafio de abastecer uma população que cresce cada dia mais, com demandas cada vez maiores por energia e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões de CO₂ (ECODEBATE, 2011)

Aproximadamente 21,6% do diesel utilizado no Brasil é importado, sendo que esse combustível está intimamente atrelado ao transporte coletivo de passageiros e de cargas. O consumo previsto para 2011 ficará próximo a 51.150.000 metros cúbicos (ANP, 2011).

Seguindo-se nesse pensamento, PARENTE et al. (2003) mencionam que o setor de transportes é o maior consumidor energético de toda a matriz, além de ser o responsável por grande parte da poluição observada nos centros urbanos.

Substituindo o petrodiesel pelo biodiesel, obtém-se transporte rodoviário de passageiros e de carga mais limpo, e isso resulta em qualidade do ar e de vida consideravelmente melhor (CARNEIRO, 2003).

Produzido a partir de gordura animal ou óleos vegetais, que podem ser provenientes de diversos vegetais, como palma, girassol, mamona, soja e babaçu, o biodiesel pode substituir total ou parcialmente o óleo diesel comum. No entanto, o custo para produção ainda é elevado em comparação à versão derivada do petróleo. Por isso o uso ainda é baixo, tendo seu maior consumo na mistura obrigatória de 5% de biodiesel ao óleo diesel comercializado nos postos, conforme estabelece a legislação. Existem, todavia, projetos experimentais que utilizam maiores teores de biodiesel nos biocombustíveis, como os ônibus da Linha Verde de Curitiba (BRASILAGRO, 2011).

O biodiesel é um combustível constituído da mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação química de transesterificação de óleos vegetais como os extraídos da mamona, soja, dendê, entre outros, com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, estimulado por um catalisador, da qual também se extrai a glicerina, que é um produto de importância na indústria química (FREITAS, 2007).

Em geral, a transesterificação pode ser catalisada tanto por ácidos como por bases (FERRARI et al. 2005). No entanto, a reação catalisada por bases (utilizando hidróxido ou alcóxido de sódio ou potássio) apresenta vantagem de poder ser realizada à temperatura ambiente e, ainda assim, ser mais rápida que a transesterificação catalisada por ácidos, a qual necessita ser realizada em temperaturas elevadas (170 °C) (RINALDI et al. 2007).

O produto da reação de transesterificação pode ser dividido em duas fases: leve, composta por éster metílico ou etílico, álcool, água e impurezas, e fase pesada, composta por uma mistura de glicerina, álcool, água e impurezas. É possível que se encontrem traços de glicerina na fase leve e de éster na fase pesada. A fase pesada é encaminhada para o processo de recuperação do álcool, que é feito por evaporação (FAGUNDES et al. 2005).

O processo de transesterificação deve ser completo, acarretando ausência total de ácidos graxos remanescentes; além disso, o biocombustível deve apresentar alto grau de pureza, ou seja, não conter traços de glicerina, de álcool ou de catalisador residual excedente da reação, para que não haja prejuízo aos motores, principalmente automotivos (COSTA NETO, 2000).

Os óleos vegetais, como os de mamona, dendê, soja, entre outros; e os de gorduras residuais (resultantes das frituras de lanchonetes, restaurantes, residências, entre outras) são muito utilizados na produção de biodiesel. A diferença entre eles está no estado físico em que se encontram à temperatura ambiente. As gorduras são sólidas à temperatura de 25 °C, os óleos vegetais são mais viscosos se comparados ao óleo diesel, por isso eles passam pela reação de transesterificação para serem transformados em biodiesel, que apresenta características físico-químicas muito semelhantes às do óleo diesel (FAGUNDES et al. 2005).

De acordo com LOPES et al. (2004), grande parte da produção mundial de óleo é utilizada no processo de fritura; entretanto, após o uso, tal produto torna-se resíduo indesejável. Os métodos usuais de descarte desses resíduos geralmente contaminam o meio ambiente, principalmente os rios e pequenos cursos d'água.

Os primeiros registros da utilização de óleos vegetais como combustível em motores de combustão interna com ignição por compressão foi no século XIX, na Feira Mundial de Paris, na França, quando o próprio criador do motor, Rudolf Diesel, utilizou óleo de amendoim para demonstração. Já no início do século 20, Rudolf Diesel fez a seguinte afirmação: "O motor a diesel pode ser alimentado por óleos vegetais, e ajudará no desenvolvimento agrário dos países que vierem a utilizá-lo. O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante, mas com o tempo, irão tornar-se tão importantes quanto o petróleo e o carvão" (SANTOS, 2007).

O aproveitamento energético de óleos vegetais apresenta características rentáveis do ponto de vista social, uma vez que gera postos de trabalho e aumenta a oferta de fração proteica das oleaginosas, importante insumo para indústria de alimentos e ração animal, além de nitrogenar o solo durante o crescimento, contribuindo para o plantio de outras culturas (CARNEIRO, 2003).

Os óleos vegetais devem ser degomados e filtrados antes de serem submetidos ao processo de transformação. Esse processo é realizado com uso de centrífugas, após tratamento com ácido, denominado degomagem a seco (TEIXEIRA, 2005).

A origem do óleo expressa basicamente a constituição e natureza dos ácidos graxos presentes nos triglicerídeos. Assim, óleos vegetais de espécies diferentes apresentam composição variada dos ácidos graxos presentes. Dessa maneira, propriedades do biodiesel serão originadas a partir dos ácidos graxos combinados nas gorduras ou óleos (FAGUNDES et al. 2005).

Para compreender o impacto da produção do biodiesel no meio ambiente, necessita-se de um panorama dos variados componentes que formam os combustíveis. O álcool utilizado na reação pode ser de origem mineral ou vegetal e, quando o álcool é mineral, apenas um percentual do CO₂ produzido pela combustão do biodiesel, referente à queima do óleo vegetal (no mínimo 78%), é reabsorvido. Ocorre redução de 78% nas emissões de gases do efeito estufa, e de 98% de enxofre, contribuindo para a diminuição do aquecimento global. Sabe-se que o diesel mineral possui quantidades substantivas de enxofre, que é extremamente nocivo ao meio ambiente local e ao homem. Já quando o álcool é de origem vegetal, a emissão de dióxido de carbono (CO₂) proveniente da combustão do biodiesel é reabsorvida em sua totalidade pela atividade fotossintética, durante o desenvolvimento das próximas safras das biomassas das quais se produzem o álcool e o óleo. Além da importância da nitrogenação natural a partir do cultivo de espécies oleaginosas, relacionado à recuperação de solos improdutivos (PARENTE, 2004).

Em todo o mundo, o biodiesel tem sido obtido a partir do metanol, porém, no Brasil, as vantagens do uso da rota etílica baseiam-se na disponibilidade do produto. No âmbito ambiental, o etanol ainda leva vantagens sobre o metanol, quando este último é obtido de derivados do petróleo ou do gás natural. Esta vantagem ambiental pode não

existir se o metanol for obtido a partir da biomassa (FAGUNDES et al. 2005).

O biodiesel é miscível ao óleo diesel, podendo ser utilizado na forma 100% (B100) ou em misturas, sem que seja necessária qualquer adaptação nos motores. Misturas binárias de biodiesel e óleo diesel são designadas pela abreviação BX, onde X é a porcentagem de biodiesel adicionada à mistura e o B é a primeira letra de mistura em inglês (Blend) (PARENTE, 2003).

Experiências com biodiesel no mercado de combustíveis vêm ocorrendo em quatro principais níveis. O B100 corresponde ao uso de biodiesel puro, de B20 a B30 é considerado mistura, B5 é aditivo e B2 aditivo de lubricidade (COSTA & HOESCHL, 2006).

Não se pode deixar de considerar os impactos sociais que a inserção desta cadeia proporcionará, podendo levar à geração de emprego e renda. O governo federal lançou o Programa Brasileiro de Biocombustíveis, em outubro de 2002, de tal forma que este combustível contribuiria altamente em questões fundamentais para o País, como inclusão social, desenvolvimento regional, geração de energia elétrica, geração de emprego e renda, redução de emissão de gases e poluentes, competitividade ante os demais combustíveis e menor dependência de importações do petróleo (FREITAS, 2007).

Estimativas iniciais apontam para a inclusão de 250.000 famílias com emprego no meio rural, por meio tanto da agricultura familiar, quanto pelo desenvolvimento da indústria nacional de pesquisa e equipamentos. Essa inserção social, através de empregos, realizar-se-á basicamente nas regiões com maior potencial para produção de oleaginosas, especialmente as regiões Norte e Nordeste (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2005). Daí decorre a necessidade de se avaliar os impactos de forma agregada, descolando da análise puramente financeira.

Conforme SANTANA et al. (2007), a inserção da região do semiárido na cadeia produtiva do biodiesel é vista como solução para aumentar o valor do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

O Brasil é o terceiro país com maior produção de Biodiesel no mundo, somente atrás dos Estados Unidos e Alemanha. Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), existem 67 plantas produtoras de biodiesel

autorizadas para operação no País, porém apenas 61 possuem autorização para comercialização, o que corresponde a uma capacidade total de 17.015,25 metros cúbicos por dia (BRASILAGRO, 2011).

O Japão e vários países europeus têm mostrado interesse no biodiesel, para adquirir, produzir e consumir. A Alemanha que é o maior produtor e consumidor mundial de biodiesel é responsável por cerca de 42% da produção mundial. Sua produção é feita a partir da colza, produto utilizado principalmente para nitrogenização do solo. A extração do óleo gera farelo protéico, à ração animal. O óleo é distribuído de forma pura, isento de mistura ou aditivos, para a rede de abastecimento de combustíveis compostas por cerca de 1700 postos (BIODIESELBR, 2011).

A área cultivada necessária para atender à mistura de 2% ou 5% de biodiesel ao diesel é estimada de 1,5 milhão de hectares, representando 1% dos 150 milhões de hectares disponíveis para a agricultura no Brasil. As mais importantes oleaginosas que podem ser utilizadas na fabricação do biodiesel são: mamona, babaçu, dendê, algodão, soja, canola, amendoim, etc. Além das oleaginosas, outras matérias-primas podem contribuir, tais como: óleo de fritura, sebo, algas e esgoto. A cadeia produtiva do biodiesel, ou seja, o cultivo de matérias-primas e a produção industrial de biodiesel têm grande potencial na geração de empregos, especialmente quando se considera o amplo potencial produtivo da agricultura familiar (FREITAS, 2007).

Baseado no fato de que o biodiesel é uma fonte energética alternativa e com intuito de contribuir na resolução de problemas, como a emissão de poluentes, misturas de biodiesel apresentam-se promissoras, quanto à correção das propriedades de fluxo, como redutoras da suscetibilidade à oxidação, durante sua produção, armazenamento e uso (ANP, 2009).

Uma das vantagens relevantes do biodiesel é a adequação aos motores do ciclo diesel, pois enquanto o uso de outros combustíveis limpos, como o gás natural ou o biogás, necessita de adaptação dos motores, o uso de biodiesel não carece, tornando-o alternativa técnica bastante precursora, capaz de atender à frota movida a óleo diesel (D'AGOSTO, 2004).

Economicamente, as vantagens trazidas pelo uso do biodiesel são: ocasionar efeitos na balança comercial, devido aos sistemáticos aumentos do preço do petróleo;

trazer fortalecimento para o agronegócio, cuja expansão do setor poderá ser contemplada com a execução de projetos agrícolas voltados para agroenergia, promovendo o desenvolvimento regional sustentado, valorizando o potencial de cada região do País (FREITAS, 2007).

O biodiesel é alternativa interessante para projetos de sequestro de carbono: oferece vantagens sociais e econômicas; não emite componentes carcinogênicos poliaromáticos na combustão; atua como elemento regulador do mercado de óleos vegetais; pode ser usado na forma 100% (B100) ou em mistura sem qualquer alteração nos motores; gera aumento na vida útil dos motores devido à elevada capacidade de lubrificação, e pode ser produzido com emprego de tecnologia simples, fácil de ser transferida para o setor produtivo (KUCEK et al. 2004).

O uso de biodiesel pode contribuir para a redução de gastos públicos com saúde, originados por doenças respiratórias, causadas por impurezas no ar; beneficia o País com o mercado de carbono, em que a não emissão de gases poluentes, por quem participa desse mercado, poderá ser vendida na forma de créditos a outro participante que não está interessado em reduzir suas emissões. Pode aproveitar os óleos vegetais residuais oriundos de restaurantes e indústrias, onde grande parte desses óleos seriam descartados fora das regularidades; assim como a implantação do projeto nacional para produção de biodiesel poderá gerar aproximadamente 260 mil empregos diretos na cadeia produtiva, promovendo distribuição de renda (RIBEIRO, 2005).

Pode promover a interiorização do desenvolvimento, originando aquecimento das economias regionais, principalmente o desenvolvimento do semi-árido, e a geração de empregos diretos, no meio rural, fixando o homem no campo, com agregação de valor às matérias-primas locais (oleaginosas e cana-de-açúcar), possibilidade de produção e oferta regionalizada desse combustível, reduzindo custos em projetos de eletrificação rural e proporcionando desenvolvimento de vastas regiões que têm a produção de oleaginosas como atividade econômica (CARNEIRO, 2003).

O Brasil apresenta forte vocação para exportação de grãos, além de ter grande potencial de produção de óleo vegetal para o mundo, possui capacidade de alimentar boa parte da humanidade e produzir energia. Para atender à demanda de biodiesel necessário para que fossem adicionados 2% ao óleo diesel, foi necessário produzir 900

milhões de litros do biocombustível, contribuindo para um aumento da produção de oleaginosas e o fortalecimento do agronegócio brasileiro. Assim, a área plantada para atingir este percentual foi estimada em 1,5 milhão de hectares, ou seja, 1% dos 150 milhões de hectares disponíveis para a agricultura brasileira, não sendo inclusas as regiões ocupadas para pastagens e florestas (DANTAS, 2010).

O uso de 2% de biodiesel no diesel tornou-se obrigatório desde janeiro de 2008, assumindo no mercado total uma demanda de 1 bilhão (L/ano). Após julho de 2009, esse percentual passou para 4%, com aumento da demanda para 1,8 bilhão (L/ano). Com adição de 5% de biodiesel no diesel, há uma previsão de mercado de 2,4 bilhões (L/ano) (DANTAS, 2010).

Alguns estudos realizados pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Ministério da Integração Nacional (MIN) mostram que a cada 1% de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido, com a participação da agricultura familiar, poderia gerar cerca de 45 mil empregos no campo, com uma renda média anual de R\$ 4.900,00 por emprego, gerando novos postos de trabalho (SLUSZZ & MACHADO, 2006). Dessa maneira, é imprescindível que haja empenho governamental e empresarial para que se venha conquistar outros tipos de combustíveis, não só avaliando as vantagens econômicas, mas também benefícios sociais, para que contribua sobremaneira com o desenvolvimento socioeconômico do País.

No dia 13 de janeiro de 2005, foi publicada a Lei nº 11.097, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira. “Art. 2º - Fica introduzido o biodiesel na matriz energética brasileira, sendo fixado em 5% (cinco por cento), em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional”. Além da obrigatoriedade, foi determinado o prazo para o cumprimento. “Art 2º SS 1º - O prazo para aplicação do disposto no caput deste artigo é de 8 (oito) anos após a publicação desta Lei, sendo de 3 (três) anos o período, após essa publicação, para se utilizar um percentual intermediário de 2% (dois por cento), em volume” (BRASIL, 2005).

Segundo a Lei 11.097/2005, o biodiesel é definido como: “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores de combustão interna com

ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil"; e em 6 de dezembro de 2004, foi assinado Decreto de autorização do uso comercial de biodiesel no Brasil, autorizando, inicialmente, a mistura de 2% de biodiesel-B2 ao diesel de petróleo até 2007, e a partir de 2008 essa mistura tornou-se obrigatória; quando isso aconteceu, foram previstos aproximadamente 800 milhões de litros por ano; porém, a capacidade instalada no Brasil, no ano de 2007, já alcançava 1,7 bilhão de litros (BRASIL, 2005).

As condições para o desenvolvimento do biodiesel no Brasil foram garantidas pela Lei nº 9.478, de agosto de 1997 (BRASIL, 1997), que dispôs sobre a política energética nacional e instituiu a Agência Nacional do Petróleo (ANP), entidade integrante da Administração Federal indireta. Essa atua como órgão regulado da indústria do petróleo e tem como principais objetivos: a proteção do meio ambiente, a conservação de energia e o incentivo à utilização de fontes alternativas de energia.

No ano de 2004, o Brasil gastou com importações de óleo diesel, aproximadamente, US\$ 826 milhões, em dólares correntes (ANP, 2005). Assim, estima-se que a diminuição de importações com petróleo e derivados, provenientes da mistura de biodiesel a 2% no óleo diesel (B2), geraria uma economia em divisas de US\$ 160 milhões/ano, enquanto para a mistura de biodiesel a 5% no óleo diesel (B5), haveria uma economia de US\$ 400 milhões/ano (ANP, 2005).

Considerando a entrada do B5 no início de 2010, se esse percentual de mistura se mantiver até 2013, o que é pouco provável, porque os percentuais de mistura têm-se antecipado aos prazos previstos na Lei, a redução na importação de diesel será ainda mais expressiva. Com o B5, o Programa demandará entre 2,2 e 2,4 bilhões de litros em 2010. A previsão é de 2,8 bilhões de litros até 2013 (EPE, 2011). A capacidade instalada para produção de biodiesel no Brasil é de aproximadamente 6,5 de bilhões de litros. (ANP, 2011).

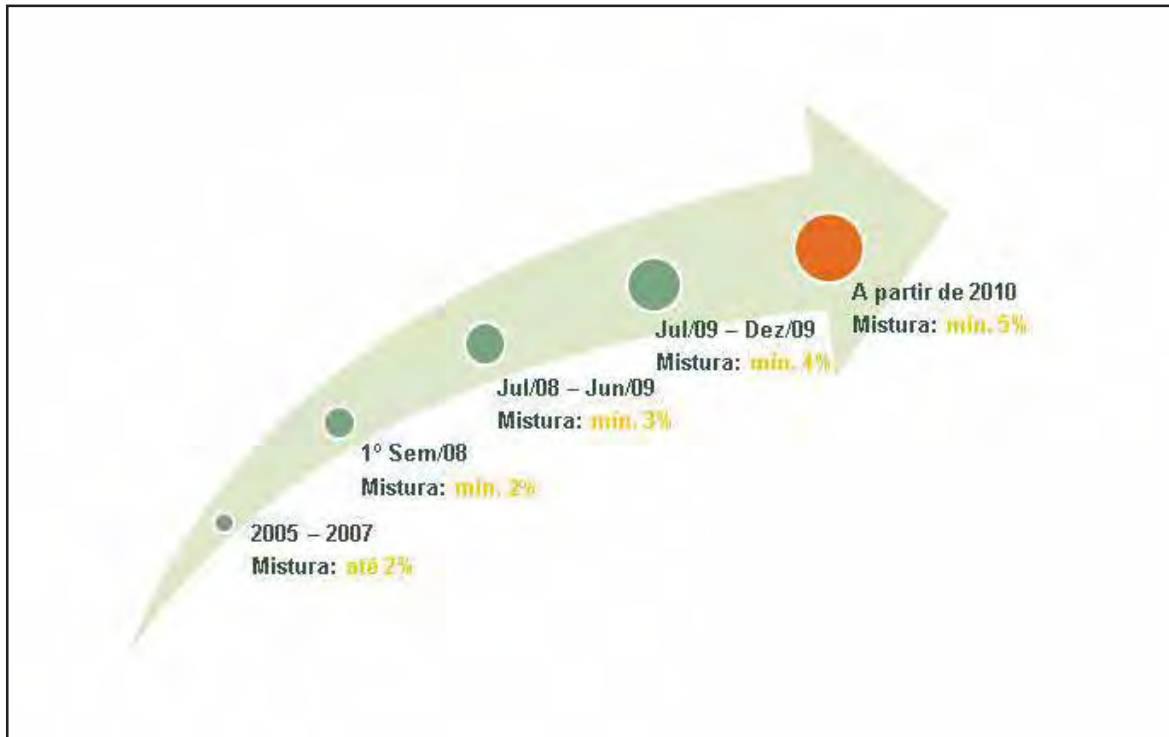


FIGURA 1. Evolução do marco regulatório

Fonte: MODIFICADO ANP (2009)

2 A Cultura da Mamona

No Brasil, o agronegócio é bem vasto, e grande parte dele envolve o cultivo de oleaginosas, com destaque para óleos comestíveis de soja, algodão herbáceo e dendê, e os não comestíveis, como da mamona, que hoje no mercado internacional é o mais valorizado. O Brasil possui grande potencial para produção de óleo, capaz de alimentar considerável parte da população e produzir energia, por meio da produção do biodiesel (BELTRÃO, 2005).

Os países da Europa, como Alemanha, França e Reino Unido, são os principais consumidores de biodiesel quando comparados com os demais países componentes da União Européia. Neste cenário de demanda do biodiesel, o Brasil torna-se um potencial

exportador deste produto. Porém, a União Europeia possui especificações técnicas que dificultam a entrada do biodiesel brasileiro nos países do bloco, pois a indústria nacional deve atender aos parâmetros exigidos, como a viscosidade, a densidade, o índice de iodo e o ponto de névoa do óleo em baixas temperaturas (BIODIESEL I, 2007).

A mamona, *Ricinus communis*, pertence à família Euphorbiaceae, à classe das dicotiledôneas. Possui grandes variações em sua estrutura quanto ao porte, hábito de crescimento, coloração do caule e da folhagem. Quanto ao porte, pode variar de 1 m até 8 m, sendo considerado porte baixo altura de até 1,6 m, porte médio de 1,6 m a 2,5 m e porte alto superior a 2,5 m (GONÇALVES et al. 2005).

A mamoneira é planta monóica (com flores unissexuais femininas e masculinas na mesma planta) que apresenta, na parte inferior, flores masculinas e, na parte superior, femininas, com inflorescências do tipo racemosas; os racemos afloram-se nos ramos laterais e no ápice da haste principal; o fruto apresenta três carpelos, podendo ser deiscentes ou indeiscentes, e é do tipo cápsula, com ou sem espinho; a semente apresenta cotilédone foliáceo, tegumento duro e quebradiço, é albuminada, e o processamento delas tem como produto final o óleo; é constituída de 75% de amêndoa e 25% de casca, em termos médios (KOUTROUBAS et al. 1999).

As principais pragas e doenças que atacam a cultura da mamona são respectivamente, pragas: lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), percevejo-verde (*Nezara viridula*), lagarta-das-folhas (*Spodopetra latifascia*), ácaros (rajado: *Tetranychus usticae*, vermelho: *Tetranychus ludeni*), e doenças: mofo-cinzento-do-cacho, podridão-de-macrofonia, murcha-de-fusarium e mancha-foliar-bacteriana (GONÇALVES et al. 2005)

A mamoneira é cultivada comercialmente em mais de 15 países, sendo os principais produtores Índia, China e Brasil (VIEIRA & LIMA, 2008). O Brasil é o terceiro produtor mundial de mamona e tem capacidade de aumentar rapidamente a participação no mercado, pois dispõe de área para aumentar o plantio e também dispõe de tecnologias agrícolas apropriadas.

A cultura da mamona apresenta-se como alternativa de relevante importância econômica e social para o Brasil, particularmente para a região Nordeste, onde se concentram mais 90% da produção. O cultivo comercial ocorre praticamente em todos

os Estados nordestinos, com exceção de Sergipe e Maranhão. A Bahia é o principal Estado produtor e produz 85% da safra no Brasil (VIEIRA & LIMA, 2008). Estes autores relatam que, através de levantamento realizado pela Embrapa, a região Nordeste brasileira dispõe de mais de 45 milhões de hectares de terras com aptidão para exploração econômica da mamona.

O desenvolvimento da mamoneira depende do local em que se encontra, pode adaptar-se a diversas condições climáticas, necessitando de precipitações de 500 a 1.500 milímetros anuais, temperatura média entre 20° e 30 °C, e altitude ideal de 600 metros, sendo tolerante a altas temperaturas e pouco exigente em água; devido a isso, representa forte estímulo à inclusão social em terras castigadas pela seca, além de representar um trunfo, permitindo ser cultivada em vários Estados brasileiros. Possui um sistema radicular pivotante que pode atingir 3 m, vigoroso e profundo, que garante absorção de água e nutrientes num largo volume de solo (GONÇALVES et al. 2005).

Segundo SAVY FILHO (2005), em regiões semiáridas, os índices de crescimento radicular são maiores do que os da parte aérea, permitindo fortalecer primeiramente o sistema de absorção de nutrientes e a fixação da planta para fornecer suporte adequado ao desenvolvimento vegetativo.

A mamoneira tem destaque por ser planta de alto poder econômico, pois os seus produtos podem ser muito utilizados. As sementes, depois de industrializadas, dão origem à torta e ao óleo de mamona que, entre outras diversas utilidades, são empregados na fabricação de lubrificantes, tintas, couros, metais, náilon, adesivos, velas, plásticos, fármacos, cosméticos, na margem de 650 produtos, aproximadamente, e possuem característica de serem biodegradáveis, além de ser excelente óleo lubrificante para motores de alta rotação e carburante de motores a diesel (PRATA, 2007).

A quantidade de óleo extraída da semente está compreendida entre 40 e 60%, em massa. Como componente principal, destaca-se o ácido ricinoleico (12-hidróxi-9 octadecenoico), que representa aproximadamente 90% da constituição total do óleo (KOUTROUBAS et al. 1999).

O óleo possui caráter tóxico aos seres humanos e animais por conter ricina, ricinina e certos alergênicos que são tóxicos. A ricina age como aglutinadora de células

vermelhas, emitindo sintomas, como paralisia na respiração (OGUNNIYI, 2006). Apresenta o ácido ricinoleico, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$, como maior constituinte de seus triglicerídeos (cerca de 80%) (RINALDI et al. 2007).

Os óleos vegetais têm, em média, 11% de oxigênio na molécula, e no caso do óleo de mamona, 4,5% de oxigênio, podendo reduzir em até 78% a emissão de gases poluentes para a atmosfera (AGROANALYSIS, 2005).

Ao contrário de outros óleos vegetais, que reduzem viscosidade em altas temperaturas e solidificam-se em baixas temperaturas, o óleo da mamona permite larga faixa de condições de temperatura, possuindo também estabilidade à oxidação (SAVY FILHO et al. 1999). Tal característica constitui fator positivo para lubrificante, porém limitante como combustível. A viscosidade tende a sofrer decréscimo com elevação das temperaturas, variando inversamente com a temperatura (COSTA et al. 2004).

O óleo da mamona é mais denso do que os demais congêneres de origem vegetal. A densidade a 15°C varia de 0,945 a 0,965 e entra em ebulição a 265°C. Graças a estas propriedades, aliadas ao grau de viscosidade, é lubrificante por excelência para os motores de avião. Lubrifica mais do que os óleos minerais de viscosidade idêntica, pois, graças ao forte poder adesivo, tem maior capacidade de penetração do que aqueles óleos, mantendo viscosidade mesmo em altas temperaturas (PRATA, 2007).

Foi constatado, que a aplicação direta dos óleos vegetais como combustível nos motores é limitada por algumas propriedades físicas dos mesmos, principalmente a alta viscosidade, baixa volatilidade e o caráter poli-insaturado. Como consequência, o uso de óleo sem modificação química provoca problemas ambientais como resultado da combustão incompleta e causam danos aos motores (FAGUNDES et al. 2005). Dessa forma, para produzir biodiesel, a transesterificação de óleos naturais e de gorduras é o método utilizado, solucionando, assim, inconvenientes do uso direto de óleos vegetais nos motores diesel, reduzindo viscosidade do óleo ou da gordura (PEREIRA & DANTAS, 2007).

A questão do uso de óleo de mamona "Trata-se de óleo viscoso", ou seja, o óleo de mamona tem características de lubrificante que permitem substituir o uso do enxofre na mistura, que é forte agente causador da poluição; além de possuir alto rendimento e

substituir plenamente óleos derivados do petróleo (PARRELA et al. 2007).

O óleo de mamona diferencia-se dos demais óleos vegetais pela quantidade de hidroxilas presentes, propriedade que lhe confere solubilidade total em álcool. Além disso, possui boa estabilidade em diferentes condições de temperatura e pressão (KOUTROUBAS et al. 1999). Tais propriedades exercem grande influência na circulação e injeção do combustível (PARENTE, 2003).

Biodiesel forma um ciclo fechado do uso do carbono, sendo captado do ar pelas plantas oleaginosas e transformado em combustível renovável. O óleo vegetal traz muitos benefícios para o campo. Além do óleo, seus subprodutos podem ser usados na alimentação animal e humana (nos caso de outras oleaginosas como a soja, por exemplo), e como adubo orgânico. Além disso, como cultura perene, permite conservar melhor o solo, evitando erosão (PEREIRA & DANTAS, 2007).

A produção nacional de mamona ainda é taxada como pequena e com baixa representatividade se comparada às outras matérias-primas designadas à produção de biodiesel; no entanto, diferencia-se das demais matérias-primas por ser a única solúvel em álcool, facilitando produção de biodiesel, por possuir reação rápida, podendo ser misturada a outros óleos (KOUTROUBAS et al. 1999).

Segundo BELTRÃO (2005), para atender às exigências do B2, adição de 2% de biodiesel ao diesel, foi necessário plantar 3 milhões de hectares de mamona, e a planta tem potencial para alcançar até 14.000 quilos por hectare, porém esse resultado só é alcançado com a utilização de tecnologia e ampliação da área cultivada.

No Brasil, a mamona pode ser encontrada em cultivos sob forma de trabalho familiar, consorciada com cultivo de feijão e milho, sem mecanização e utilização de insumos modernos, ou, ainda, em escala comercial com uso de máquinas e intensivo uso de insumos (ABOISSA, 2005).

No cenário de oleaginosas utilizadas para produção de biodiesel, a mamona ganha grande destaque por ser abundante no Nordeste brasileiro e também devido ao alto teor de óleo, assumindo papel de desenvolvimento econômico e social que permitirá incentivo da agricultura familiar e desenvolvimento da qualidade de vida no semiárido (AZEVEDO & LIMA, 2001).

MACHADO et al. (2006) estudaram propriedades físico-químicas de misturas

formuladas com biodiesel de mamona e biodiesel oriundo das oleaginosas soja, algodão e canola, com intuito de determinar ótima razão de mistura que atenda às especificações brasileira e europeia. Observou-se que biodiesel de mamona na forma 100% (B100) não atende às especificações, em função da densidade e da viscosidade elevadas, tendo maior influência sobre a viscosidade. Verificou-se também que, para atender às especificações, é necessário misturar pelo menos 80% em volume com outro biodiesel.

3 Emissão de Poluentes

O biodiesel posiciona-se como ação mundial para a redução dos níveis de emissão de alguns gases de efeito estufa, comumente gerados pelo diesel mineral, além da redução do consumo deste combustível, associado a outros benefícios adicionais ao Brasil, como: menor dependência externa, desenvolvimento regional, geração de empregos, entre outros (NASCIMENTO & DALLAN, 2007).

NABI et al. (2006) ilustram que, enquanto fontes de petróleo do mundo estão esgotando-se, voltou-se a atenção para encontrar fontes alternativas de combustíveis para os motores. Após embargo do óleo em 1973, tornou-se muito importante estudar fontes alternativas de combustível para motor diesel, por causa do interesse sobre a disponibilidade e o preço do petróleo. O reserva atual dos combustíveis usados nos motores de combustão interna, incluindo diesel, esgotará dentro de quarenta anos, se consumido em taxa crescente estimada na ordem de 3% ao ano. Todos estes aspectos atraíram a atenção para aumentar as reservas de petróleo e as pesquisas a respeito de combustíveis alternativos.

O biodiesel apresenta inúmeras vantagens sobre os combustíveis derivados de petróleo, tais como: redução da quantidade de óxidos de carbono e enxofre, causadores, respectivamente, do aquecimento global e da chuva ácida. O dióxido de carbono, liberado na queima do biodiesel, está inserido no ciclo do carbono, sendo absorvido pela oleaginosa durante o crescimento (OLIVEIRA & COSTA, 2007).

Derivado de fontes naturais, como óleos vegetais, o biodiesel é um combustível renovável, capaz de reduzir em até 78% as emissões de poluentes, como o dióxido de carbono, gás responsável pelo efeito estufa (NAPOLEÃO, 2005). As emissões do motor diesel estão ligadas à qualidade da queima, com diversas propriedades do óleo diesel, influenciando na combustão. Por exemplo, o enxofre influencia diretamente nas emissões de materiais particulados do motor (MIRAGAYA, 2005).

Grande vantagem do biodiesel é a eficácia como aditivo, podendo ser agregado ao diesel de petróleo. Preocupados com a iminência do esgotamento de reservas de petróleo e em manter equilíbrio ambiental, governos e corporações passaram a investir cada vez mais na pesquisa de combustíveis mais “limpos”, como alternativa energética. Estes combustíveis estão sendo alvos de pesquisas destinadas a torná-los economicamente viáveis, desta vez substituindo diesel fóssil pelo biodiesel, nome dado ao “diesel” extraído de óleos vegetais (BILICH & SILVA, 2006).

As vantagens do biodiesel (B100) e/ou em proporções são: possui pequena propagação de aromáticos (agente cancerígeno); reduções significativas nas emissões de CO₂; redução de hidrocarbonetos não queimados; redução das emissões de enxofre, e redução nas emissões de material particulado (DABDOUB, 2003). O uso do biodiesel etílico em sua forma 100% (B100) é um combustível totalmente nacional, 100% renovável e diminui a emissão de fumaça preta em 68%, de dióxido de carbono em 46%, de hidrocarbonetos não queimados em 36% e de enxofre em 100%. Deve-se considerar, também, que a utilização do biodiesel em misturas com diesel de petróleo já apresenta melhorias significativas em relação às emissões citadas acima (NASCIMENTO & DALLAN, 2007).

KOIKE et al. (2010) avaliaram a emissão dos gases de combustão em motor de ignição por compressão e perceberam que, quando se injetou álcool no diesel, a opacidade da fumaça reduziu-se em 17,4% em virtude da maior eficiência da combustão, e para tratamento com biodiesel e biodiesel com injeção de etanol, a opacidade teve redução a ponto de as medidas serem menores do que o limite de sensibilidade do equipamento.

A queima do biodiesel, comparada à do diesel, forma menos fuligem, já que o biodiesel não possui compostos aromáticos, que, em geral, nas condições cotidianas,

ocorre combustão incompleta, além de não possuir enxofre, que é uma grande vantagem, pois diminui a emissão de gases de enxofre (e.g., mercaptanas, SO_2) que ocorre no escape dos motores diesel, além de conter 11% de oxigênio em massa (COSTA NETO, 2000).

O grupo éster permite ao biodiesel queimar com menos resíduos de fuligem, pois favorece a queima mais completa, produzindo dióxido de carbono e água; essa característica do biodiesel é de grande importância para a qualidade do ar nas grandes cidades, uma vez que a fuligem é, em grande parte, composta por substâncias poliaromáticas, com grande potencial cancerígeno (RINALDI et al. 2007). A medição dos níveis de emissão da fumaça preta (opacidade) tornou-se instrumento poderoso na identificação de possíveis desconformidades relacionadas ao mau estado de conservação dos veículos de ciclo diesel. E o combate à fumaça preta passou a significar redução do desperdício de combustível observado pela queima incompleta do óleo diesel nos veículos com desconformidades mecânicas e operacionais (TABILE et al. 2007).

Para verificar a existência de material particulado presente na fumaça, utiliza-se opacidade da fumaça, que indica a cor, sendo que quanto mais escura for a fumaça, maiores serão a opacidade e a quantidade de material particulado. O opacímetro determina a opacidade da fumaça do gás lançado, sendo montado no escapamento do trator ou veículo, e este aparelho coleta somente parte do fluxo de gás, através de tubo de captação e sonda, colocados no cano de escape do automóvel. Verificou-se que, utilizando-se de biodiesel de dendê, ocorreu redução de 53% na opacidade quando comparado ao diesel (CAMARA et al. 2007).

As misturas de biodiesel ao diesel levam à diminuição das emissões de materiais particulados e de poliaromáticos, porém ocorre aumento de teores de óxidos de nitrogênio. O principal impacto positivo quanto a fatores ambientais seria a redução das emissões de CO_2 , proveniente da substituição de combustível fóssil por renovável (MIRAGAYA, 2005).

Em 2000, mais de 150 mil pessoas morreram devido às mudanças climáticas que ocorreram no planeta nas últimas três décadas, além de os desastres ambientais terem causado perdas econômicas estimadas em US\$ 90 bilhões no ano de 2004

(AGRIANUAL, 2007).

Foi testada, na frota de transporte coletivo da cidade de Curitiba, a utilização de biodiesel de óleo de soja, doado pela "American Soybean Association". O biodiesel foi misturado ao diesel convencional na proporção de 20%, com o propósito de verificar a eficiência desse combustível na redução da poluição ambiental. Os testes foram realizados em 20 ônibus de várias marcas, durante três meses consecutivos, e, ao final dos trabalhos, verificou-se redução de fumaça em torno de 35% (LAURINDO, 1998).

Os testes realizados em Curitiba foram acompanhados por pesquisa de opinião pública. Das pessoas que responderam ao questionário, 55% declararam que a poluição do ar diminuiu nos terminais, enquanto 58% responderam que o mau cheiro no terminal também havia diminuído. Tais resultados foram considerados bastante expressivos, dado que apenas 20% dos ônibus que circulavam no terminal estavam abastecidos com mistura B20 (SOMMAVILLA, 1998). Ressalta-se, entretanto, que o conhecimento técnico das pessoas que responderam ao questionário não pode ser considerado como único fator determinante para dar crédito aos resultados.

De acordo com o Plano Nacional de Energia, nos últimos 250 anos, a concentração de CO₂ na atmosfera aumentou 31%, atingindo o nível mais alto. Ressalta-se que 75% desses gases são oriundos da queima de combustíveis fósseis e produção de cimento, e os 25% restantes ao mau uso da terra devido ao desmatamento (BRASIL, 2006).

De acordo com KUCEK et al. (2004), o biodiesel é alternativa interessante ao uso do diesel por ser produzido a partir de fontes como óleo vegetal e etanol. Além disso, apresenta a vantagem de ser biodegradável, não tóxico, resulta em baixos índices de emissão, sendo isso ambientalmente benéfico, e pode ser preconizado para projetos MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), conforme o Protocolo de Kioto.

FENKER (2007) definiu alteração ambiental como toda modificação produzida pela atividade humana ao atuar sobre a natureza, que altera a condição original (ou natural). A responsabilidade pelas decisões ambientais é da sociedade e dos indivíduos, de forma indissociável, que realça a corresponsabilidade em todas as determinações. A sociedade precisa de bens e serviços ambientais que autorizem o

indivíduo ou ente econômico a atuar no ambiente, dentro de certas condições, que precisam ser seguidas com proveitos sociais e econômicos para o próprio corpo social.

4 Desempenho Operacional

A principal vantagem técnica trazida pelo biodiesel é a adaptabilidade aos atuais motores de combustão interna de ciclo diesel, pois enquanto o uso de outros combustíveis, como o gás natural ou biogás, requer prévia adaptação dos motores, o uso de biodiesel, em percentuais diluídos ao óleo diesel, é feito de forma satisfatória, sem precisar de qualquer alteração de ordem técnica no propulsor, não havendo registro de prejuízo na eficiência térmica, o que o configura como uma alternativa capaz de atender à frota já existente no setor de transportes brasileiro (SORANSO, 2006).

CAMARA (2009) avaliou o desempenho operacional realizando a operação de preparo do solo com escarificador e a opacidade da fumaça de um trator agrícola funcionando com biodiesel de dendê, até 6 meses de armazenamento. Pôde concluir que o tempo de armazenamento do biodiesel não influenciou no desempenho operacional do trator agrícola.

CORTEZ et al. (2007) avaliaram biodiesel etílico, filtrado de óleo residual de soja, em trator agrícola Valtra BM 100, 4 x 2 TDA (tração dianteira auxiliar), 73,6 kW (100 cv) de potência no motor, com 2.000 rotações no motor. Foi acoplada à barra de tração uma grade aradora de arrasto com as seguintes características: Marchesan/Tatu, 16 discos recortados com diâmetro de 24". Os autores observaram que, nessa condição, o aumento da proporção de biodiesel no diesel bem como o aumento da velocidade resultam em aumento no consumo de combustível.

Trabalhando com motor de ciclo diesel, sem adaptações, RABELO (2001) observou aumento de potência e do torque com o acréscimo de biodiesel ao diesel, principalmente para faixas de rotações mais baixas, e o consumo específico dessa mistura apresentou-se mais elevado.

LAFORGIA & ARDITO (1995) utilizaram motor ciclo diesel estacionário para comparação de três tipos de combustíveis: óleo diesel, óleo cru de semente de colza e

combustível misto de biodiesel produzido a partir de óleo de colza cru, acrescido de 10% de metanol. Os testes realizados em bancada dinamométrica elevaram o decréscimo de potência próximo a 5%, quando o motor trabalhava em alta rotação e movido a óleo cru e combustível misto, fato que pode ser explicado, segundo os autores, pelo menor poder calorífico e pela maior densidade observados nos combustíveis em questão, quando comparados ao óleo diesel. Outro dado observado foi o aumento de consumo, quando se utilizou combustível misto, sendo ainda maior o consumo de óleo cru, quando comparados ao consumo de óleo diesel.

De acordo com MIALHE (1996), a mensuração da quantidade de combustível consumida constitui-se dos mais importantes aspectos da avaliação do rendimento de motor, ou seja, do desempenho como máquina térmica conversora de energia. O consumo de combustível pode ser expresso de duas maneiras: em relação ao tempo (L/h, kg/h, etc.) e em relação ao trabalho mecânico desenvolvido, conhecido como consumo específico (g/cv/h; g/kW/h, etc.). O consumo horário geralmente é obtido por leitura direta de instrumentos de mensuração que pode ser expressa em termos ponderal (kg/h) ou volumétricos (L/h).

Os ensaios realizados com motores de combustão interna destinam-se a determinar as características dimensionais e ponderais, e a verificar o desempenho no volante do motor; assim, num ensaio com motor diesel 3508 DI TA, usando 5; 10; 20; 50 e 100% de biodiesel, o uso de 5% de biodiesel originou em redução de 2,8% da reserva de torque, 16,9% do torque e 2,5% da potência nominal em relação aos valores do catálogo do fabricante. Os menores valores da relação entre pressão do combustível e potência do motor ocorreram entre 1.690 e 1.720 rpm; e as perdas de potência e torque foram menos significativas para misturas contendo de 5 a 20% de biodiesel, quando comparados com os dados do fabricante (0% biodiesel); por isso, recomendou-se utilizar até 20% de biodiesel e entre 50 e 100% de mistura, recomendando-se fazer outros ensaios (MAIA et al. 2007).

Foi constatado que a aplicação direta dos óleos vegetais nos motores é limitada por algumas propriedades físicas dos mesmos, principalmente pela alta viscosidade, baixa volatilidade e o caráter poli-insaturado. Como consequência, o uso de óleo sem modificação química provoca problemas ambientais como resultado da combustão

incompleta e causa danos aos motores (FAGUNDES et al. 2005). Dessa forma, para produzir o biodiesel, a transesterificação de óleos naturais e as gorduras é atualmente o método escolhido; assim, solucionando-se os inconvenientes do uso direto de óleos vegetais nos motores diesel, a finalidade do processo é abaixar a viscosidade do óleo ou da gordura (PEREIRA & DANTAS, 2007).

A utilização do biodiesel destilado em trator agrícola, na operação de escarificação, resultou em aumento de 15,5% no consumo horário volumétrico, 18,1% no consumo horário ponderal, 16% no consumo operacional (ha/h) e 18% no consumo específico de combustível em relação ao diesel (B0). Ressalva-se que este biodiesel, quando puro (B100), foi resultante de uma mistura de 50% metílico e 50% etílico, produzido à base de óleo residual de frituras (SORANSO, 2008).

LOPES et al. (2009) avaliaram o consumo de biodiesel etílico de soja residual em trator, e os resultados evidenciaram que o uso de biodiesel até a proporção de 50% de mistura não alterou o consumo; entretanto, quando o trator funcionou com 100% de biodiesel, não se observou anomalia no funcionamento, embora o consumo de combustível tenha aumentado 11%.

O incremento de biodiesel à mistura reduz o poder calorífico do combustível resultante, conforme PETERSON et al. (1996), o que implica queda do desempenho do motor, diminuindo a velocidade de trabalho e, conseqüentemente, a capacidade de campo efetiva. A velocidade de deslocamento influencia diretamente sobre a potência consumida, em que o aumento de velocidade tem relação direta ao requerimento de potência pelo trator na operação de semeadura (MAHL et al. 2004).

A avaliação da qualidade carburante de biodiesel é influenciada por fatores como: poder calorífero, índice de cetano, curva de destilação, viscosidade e ponto de névoa. A potência máxima a ser atingida por um motor de ignição em operação depende do poder calorífero do combustível, seja este oriundo de fontes renováveis ou não. Já o poder de autoinflamação e de combustão do biodiesel é definido pelo índice de cetano. O valor condiciona o desempenho global do motor, refletido na partida a frio, ruído e gradiente de pressão. Comparado ao óleo diesel, o biodiesel de óleo de soja utilizado em frituras apresenta menor calor de combustão e índice de cetano similar (COSTA NETO et al. 2000).

III MATERIAL E MÉTODOS

1 Área experimental

O trabalho foi conduzido nas dependências do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola - LAMMA, do Departamento de Engenharia Rural, da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal. A área está situada lateralmente à Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, km 5, possui localização geodésica definida pelas coordenadas 21°15' latitude sul e 48°18' longitude oeste, com altitude média de 570 m. A região apresenta temperatura média anual de 22,2 °C, precipitação média anual de 1.425 mm, umidade relativa média de 71% e pressão atmosférica de 94,3 kPa. O clima da região, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

2 Solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico típico, com relevo suave ondulado e declividade média de 3%, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (ANDREOLI & CENTURION, 1999). O teor médio de água no dia do ensaio, no perfil de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, foi 11,2 e 13,4%, respectivamente, segundo o método gravimétrico-padrão. A análise granulométrica da camada de 0-20 cm para argila, silte, areia fina e areia grossa foi 51; 29; 10 e 10%, respectivamente, sendo considerada como textura argilosa.

3 Biodiesel

O biodiesel utilizado foi do tipo mamona etílico destilado. O processo de

produção e o fornecimento do biocombustível ficaram a cargo do Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas - LADETEL, da Universidade de São Paulo – USP, Câmpus de Ribeirão Preto, num sistema de parceria com a UNESP – Jaboticabal, desde o ano de 2001. A mistura de biodiesel/diesel foi feita no momento de cada ensaio.

4 Tratores

Trator-teste – foi um da marca Valtra, modelo BM 100, 4x2, com tração dianteira auxiliar (TDA), potência de 73,6 kW (100 cv) no motor a 2.350 rpm, massa total de 5.400 kg, distribuídos a 40 e 60% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente, equipado com pneus 14.9-24 no eixo dianteiro e 23.1-26 no eixo traseiro, sendo tal trator instrumentado para a realização do teste. No momento dos ensaios, o trator operou a 2.000 rpm, quando ainda está sem carga.

Trator de frenagem – foi um da marca Valtra, modelo BH140, 4x2, com tração dianteira auxiliar (TDA), potência de 103 kW (140 cv) no motor a 2.400 rpm, massa total de 7.400 kg, distribuídos a 40 e 60% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente, equipado com pneus 14.9-24 no eixo dianteiro e 23.1-26 no eixo traseiro.

5 Instrumentação do trator-teste para o ensaio de desempenho

O trator de ensaios utilizado encontra-se instrumentado com um protótipo para medir combustível desenvolvido e descrito por LOPES (2006).

5.1 Rotação da tomada de potência

A rotação da tomada de potência foi obtida por meio de sistema constituído por roda dentada com 60 dentes e um sensor magnético, com frequência máxima de saída

de 8.000 Hz. Cada volta completa da TDP equivalia a 60 pulsos detectados pelo sensor.

5.2 Rotação dos rodados

Foi instalado um sensor da marca S&E Instrumentos de Testes e Medições, modelo GIDP-60-U-12V, em cada roda do trator, fornecendo, assim, o número de pulsos individual para as quatro rodas. Esse equipamento tem o princípio de funcionamento com base no deslocamento angular, e cada volta completa da roda corresponde a 60 pulsos fornecidos pelo sensor.

5.3 Velocidade de deslocamento

A velocidade real de deslocamento foi determinada por meio de radar da marca Dick John, modelo RVS II, com erro de $\pm 3\%$ para velocidades de 3,2 a 70,8 km h⁻¹, instalado na parte inferior do trator de teste, fazendo ângulo de 45° com a superfície do solo, conforme recomendação do fabricante. Considerou-se a velocidade real de deslocamento, aquela obtida pelo radar no momento em que o trator-teste estava em operação.

5.4 Força na barra de tração

A força na barra de tração foi obtida por meio de célula de carga da marca M.Shimitsu, modelo TF 400, com escala nominal de 0 a 100 kN, acoplada à barra de tração do trator, sendo os valores de força obtidos em kgf e convertidos em kN.

Para a montagem da célula de carga, utilizou-se de sistema em formato de berço para sua acomodação e proteção. Tal estrutura foi fixada no trator de teste e teve a função de absorver todo tipo de impacto lateral, vertical, horizontal ou torção que

pudesse comprometer a integridade física da célula de carga, provocado por acidentes devido a manobras ou mesmo em paradas bruscas.

5.5 Consumo de combustível

O consumo de combustível foi determinado, obtendo-se o volume e a temperatura do combustível que alimenta a bomba injetora e o volume e a temperatura do combustível que retorna ao tanque, sendo o combustível consumido a diferença entre as duas medidas. A temperatura do combustível medida foi utilizada para a correção da densidade do combustível.

O sistema consiste em dois conjuntos, um para a alimentação da bomba injetora e o outro para o retorno. Cada conjunto contém um medidor de fluxo da marca Oval Corporation, modelo Flowmate LSN 48, com precisão de 1% sobre a vazão nominal e vazão máxima de 100 L h^{-1} , e um sensor de temperatura do tipo resistivo, modelo PT 100 (resistência de 100 Ohms a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$), com faixa de medida de $-200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $800 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Os valores de fluxo de combustível foram obtidos em mL, e a temperatura, em $^{\circ}\text{C}$. O sistema conta com três depósitos auxiliares de combustível, permitindo a realização de ensaios com vários tipos de combustíveis sem contaminar o tanque original do trator.

5.6 Sistema de aquisição de dados

Todos os transdutores e sensores foram alimentados a partir de uma bateria auxiliar, montada junto ao sistema de aquisição de dados. Os dados referentes ao consumo de combustível, à temperatura do combustível, força na barra de tração, rotação dos rodados, rotação da tomada de potência e velocidade de deslocamento foram monitorados e armazenados em um sistema de aquisição de dados marca Campbell Scientific, modelo Microllogger CR23X, programado para obter dados na frequência de 1 Hz, sendo posteriormente transferidos via porta de comunicação serial (RS232) para um computador, a fim de serem processados.



FIGURA 2. Vista lateral do trator de teste com instrumentação completa.

Fonte: LOPES (2006)

6 Instrumentação do trator-teste para o ensaio de opacidade da fumaça

6.1 Opacímetro

A opacidade da fumaça foi medida por um opacímetro de absorção de luz com fluxo parcial, da marca Tecnomotor, modelo TM 133, que está compatível com as

normas NBR 13037, Inmetro, CEE 72/306.

O opacímetro está ligado ao controlador serial da marca Tecnomotor, modelo TM 616, que recebe os sinais do sensor e converte-os em unidade de medida. Tal equipamento exporta os dados convertidos para computadores, por meio de conexão serial, cuja interface é o *software* denominado IGOR, que gerencia os ensaios. Os equipamentos são apresentados na Figura 3.

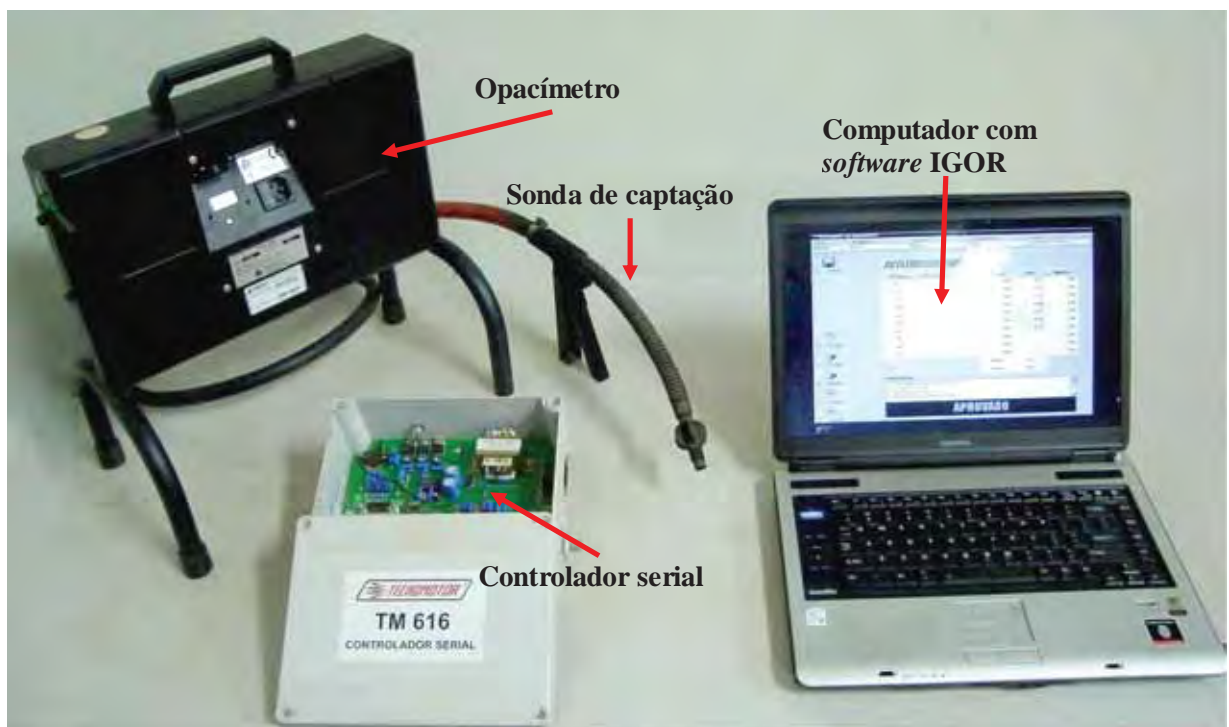


FIGURA 3. Instrumentação utilizada no ensaio de opacidade da fumaça.

O opacímetro é um equipamento destinado a medir a opacidade da fumaça, constituindo-se ele de: um elemento principal e uma sonda coletora. Esta, por sua vez, foi inserida no espaçamento do trator. Em motores diesel, o gás de escapamento contém partículas suspensas que, ao serem atravessadas por um fecho de luz, obscurecem, refletem ou refratam a luz. Os opacímetros de fluxo parcial realizam a medição da fuligem do gás de escapamento, com parte do fluxo total de gás, coletado por meio de uma sonda e um tubo de captação, montados no cano de escape do motor. A fumaça do escapamento coletada pela sonda do opacímetro é levada até a câmara

de medição, na qual existem um emissor de luz e um receptor. Ao passar pela câmara, a fumaça provoca alterações no fecho de luz, sendo a porção captada pelo receptor processada pelo equipamento, conforme a Figura 4.



FIGURA 4. Vista geral do trator instrumentado para o ensaio de opacidade da fumaça.
Fonte: LOPES (2006)

7 Condução do trabalho

O trabalho foi dividido em duas etapas: a primeira, dinâmica, realizada em condições de campo, com o intuito de avaliar o desempenho do trator; a segunda foi estática, realizada com o trator estacionado, com o intuito de avaliar a opacidade da fumaça do motor do trator. Os experimentos foram divididos em tópicos, apresentados da seguinte forma:

- Ensaio I - Desempenho do trator, e

- Ensaio II - Opacidade da fumaça do motor do trator.

8 Delineamento experimental

Ensaio I e Ensaio II – ambos foram realizados em delineamento experimental inteiramente casualizado, esquema fatorial 5 x 3, com três repetições, totalizando 45 observações. As combinações dos fatores foram quatro proporções de mistura biodiesel/diesel (B0, B5, B25, B50 e B100, em que o número indica a percentagem de biodiesel no diesel), e três períodos de armazenamento (0; 3 e 6 meses) em condição ambiente, como fica o diesel nas propriedades. Ressalta-se que, para o ensaio de desempenho, cada parcela experimental possuía 30 m de comprimento e, entre si, na direção longitudinal, foi reservado espaço de 15 m destinado à realização de manobras, ao tráfego de máquinas e à estabilização do conjunto motomecanizado em cada tratamento.

9 Tratamentos

As combinações e as respectivas designações dos tratamentos dos ensaios I e II são apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2. A localização e a distribuição das repetições de cada tratamento na área do ensaio de desempenho encontram-se ilustradas na Figura 5.

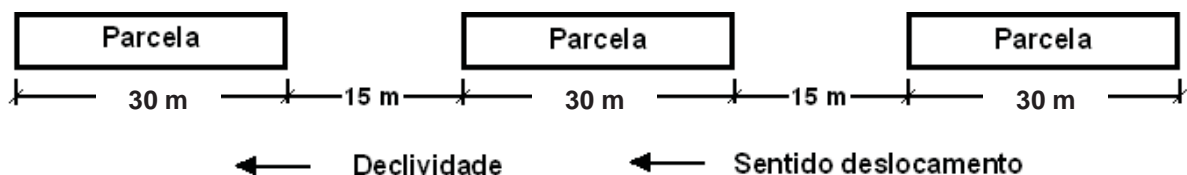


FIGURA 5. Esquema das parcelas.

TABELA 1. Relação e designação dos tratamentos dos ensaios I. e II.

Fatores comparativos				
Tratamentos	Períodos de armazenamento	Proporção (%)		Designação
		Biodiesel	Diesel	
P1	0 mês	0	100	P0-B0
P2	0 mês	5	95	P0-B5
P3	0 mês	25	75	P0-B25
P4	0 mês	50	50	P0-B50
P5	0 mês	100	0	P0-B100
P6	3 meses	0	100	P3-B0
P7	3 meses	5	95	P3-B5
P8	3 meses	25	75	P3-B25
P9	3 meses	50	50	P3-B50
P10	3 meses	100	0	P3-B100
P11	6 meses	0	100	P6-B0
P12	6 meses	5	95	P6-B5
P13	6 meses	25	75	P6-B25
P14	6 meses	50	50	P6-B50
P15	6 meses	100	0	P6-B100

10 Ensaio I - Desempenho do trator

10.1 Escarificador

Com a finalidade de oferecer carga à barra de tração do trator-teste, no ensaio preliminar, foi utilizado um escarificador de arrasto Marchesan, modelo AST/MATIC 7, com massa total de 1.400 kg. Esse equipamento é constituído com cinco hastes espaçadas de 45 cm entre si, ponteira sem asa com 8 cm de largura, discos de corte de

palha para cada haste, sistema de segurança de desarme automático e rolo destorroador. A regulagem foi estabelecida para trabalhar à profundidade média de 30 cm e relação espaçamento/profundidade de 1,5.

Foi realizado um ensaio preliminar também denominado de experimento-piloto, com a finalidade de definir a carga na barra de tração do trator-teste correspondente ao esforço máximo, tecnicamente viável, que o trator-teste pôde tracionar, o ensaio compreendia a operação de escarificação da área experimental a 30 cm de profundidade. A força de tração necessária para realizar essa operação foi mensurada em aproximadamente 23 kN. Devido à grande variabilidade na resistência do solo durante a operação, o escarificador foi substituído por um segundo trator, denominado trator de frenagem.

Para a força mensurada a patinagem ficou em torno de 10% conforme recomendada pela ASAE (1997).

10.2 Uso dos tratores

No momento dos ensaios, o trator-teste operou a 2.000 rpm, com tração dianteira auxiliar (TDA), sendo a velocidade de trabalho conseguida com a combinação do câmbio 3^a L.

O trator de frenagem foi acoplado ao trator-teste por meio de um cabo de aço, formando um comboio e em virtude da combinação de marchas do trator de frenagem, o esforço na barra de tração foi semelhante à escarificação a 30 cm de profundidade, ressaltando-se que tal carga foi obtida por meio da combinação de marchas do trator de frenagem, com tal força sendo de 23 kN.

O trator de frenagem foi utilizado desligado e engrenado, pois a única função era oferecer carga na barra de tração do trator de teste o mais uniforme possível, sendo a velocidade de trabalho conseguida com a combinação do câmbio 4^a L.

A dinâmica do ensaio é ilustrada conforme Figura 6.



FIGURA 6. Dinâmica do ensaio de desempenho.

Fonte: LOPES (2006)

Em todas as parcelas, procurando estabilizar as determinações, o trator de teste iniciava o movimento num espaço de 15 m, antes da primeira baliza, que demarcava o início da medição. Quando o referencial do trator, centro do rodado traseiro, coincidia com a primeira baliza, era acionado o sistema de aquisição de dados. O procedimento era interrompido quando decorriam os 30 m de comprimento da parcela, momento em que o centro do rodado traseiro coincidia com a segunda baliza.

Referente ao ensaio de desempenho, simultaneamente, em cada parcela, o sistema de instrumentação fornecia diretamente:

- Tempo de percurso;
- Velocidade real de deslocamento;
- Força integrada;
- Rotação integrada da tomada de potência;
- Volume de combustível consumido;
- Temperatura do combustível na entrada da bomba injetora;
- Temperatura do combustível no retorno dos bicos e da bomba injetora;
- Número de pulsos individual das rodas dianteira direita e esquerda, e
- Número de pulsos individual das rodas traseira direita e esquerda.

10.3 Rotação do motor

A rotação do motor foi determinada de forma indireta, utilizando-se da rotação da tomada de potência e da relação de transmissão do trator. Para o cálculo da rotação média do motor, utilizou-se da equação (1):

$$R_m = RTDP * RT \quad (1)$$

em que,

R_m = rotação do motor (rpm);

$RTDP$ = rotação da tomada de potência (rpm), e

RT = relação de transmissão do trator de teste, entre o motor e a TDP (3,703).

10.4 Patinagem dos rodados

A patinagem foi determinada individualmente para cada roda do trator, sendo possível verificar o comportamento individualizado nas quatro rodas. O sistema de instrumentação forneceu o valor integrado do número de pulsos de cada roda, no momento em que o trator operava na condição com e sem carga na barra de tração. A condição sem carga na barra, denominada condição zero (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 1997), foi determinada em local plano de pista pavimentada. Para o cálculo da patinagem, utilizou-se da equação (2):

$$P = \left(1 - \frac{NPS}{NPC} \right) * 100 \quad (2)$$

em que,

P = patinagem (%);

NPC = número de pulsos do rodado do trator operado com carga

NPS = número de pulsos do rodado do trator operado sem carga, e

100 = fator de conversão.

Os resultados apresentados são a média aritmética da patinagem dos rodados dianteiros e traseiros.

10.5 Velocidade real de deslocamento

A velocidade de deslocamento foi medida de forma direta pelo radar.

10.6 Força média na barra de tração

A força média na barra de tração exercida pelo trator de teste foi determinada de forma direta pela célula de carga acoplada ao trator de teste. Os valores fornecidos em kgf foram transformados em kN, conforme equação (3):

$$FT = \left(\frac{Ft}{1000} \right) * 9,81 \quad (3)$$

em que,

FT = força média de tração na barra (kN);

Ft = força de tração média (kgf), e

1000 e 9,81 = fator de conversão.

10.7 Potência na barra de tração

A potência na barra de tração foi determinada de forma indireta, conforme equação (4):

$$PB = FT * \left(\frac{Vel}{3,6} \right) \quad (4)$$

em que,

PB = potência na barra de tração (kW);

FT = força média na barra de tração (kN);

Vel = velocidade real de deslocamento (km h^{-1}), e

3,6 = fator de conversão.

10.8 Consumo de combustível

O consumo de combustível foi medido, em cada parcela, em unidade de volume (mL), obtendo-se o volume total de alimentação na entrada da bomba injetora e o volume total retornado, sendo o combustível consumido a diferença entre as duas medidas. De posse desses dados, determinaram-se o consumo horário (volumétrico e ponderal) e o consumo específico.

10.9 Consumo horário volumétrico

Com base no volume consumido e no tempo de percurso em cada parcela, foi determinado o consumo horário volumétrico, conforme equação (5):

$$\text{Chv} = \left(\frac{V_a - V_r}{t} \right) * 3,6 \quad (5)$$

em que,

Chv = consumo horário volumétrico (L h^{-1});

Va = volume do combustível de alimentação (mL);

Vr = volume do combustível de retorno (mL);

t = tempo de percurso na parcela (s), e

3,6 = fator de conversão.

10.10 Consumo horário ponderal

Para o cálculo do consumo horário ponderal, consideraram-se a influência da densidade do combustível de alimentação e o retorno no momento do teste, conforme equação (6):

$$Chp = \frac{(Va * Dca - Vr * Dcr)}{t} * 0,0036 \quad (6)$$

em que,

Chp = consumo horário ponderal (kg h^{-1});

Va = volume do combustível de alimentação (mL);

Dca = densidade do combustível de alimentação (kg m^{-3});

Vr = volume do combustível de retorno (mL);

Dcr = densidade do combustível de retorno (kg m^{-3});

t = tempo de percurso na parcela (s), e

0,0036 = fator de conversão.

10.11 Consumo específico

Consumo específico é o consumo de combustível expresso em unidade de massa por unidade de potência requerida na barra de tração, conforme equação (7):

$$Ce = \left(\frac{Chp}{PB} \right) * 1000 \quad (7)$$

em que,

Ce = consumo específico (g kW h^{-1});

Chp = consumo horário ponderal (kg h^{-1});

PB = potência na barra de tração (kW), e

1000 = fator de conversão.

10.12 Densidade do combustível

Ao longo de uma jornada de trabalho, a temperatura em ambiente protegido pode variar de 12,5 a 30,6 °C, caso particular medido em série de 30 anos em Jaboticabal, conforme UNESP (2006). Porém, em condição de ambiente não protegido, como é o caso do trabalho de tratores, pode ser observada temperatura de até 45 °C ao meio-dia. Nessas condições, ressalta-se, entretanto, que a temperatura do combustível no tanque das máquinas pode variar de 12,5 a 50 °C. Por esse motivo, quando se avaliou o consumo de combustível, determinou-se também como a densidade do mesmo varia em função da temperatura e da proporção de mistura de diesel e biodiesel. Para essa finalidade, utilizou-se de balança de precisão, manta aquecedora e termômetro digital. No momento das avaliações, a temperatura ambiente era superior ao menor limite de temperatura do ensaio, por isso a amostra do combustível foi submersa em gelo a fim de que a temperatura se reduzisse a 15 °C, que correspondia ao limite inferior do ensaio. A partir desse ponto, a amostra foi aquecida até atingir a temperatura de 70 °C, limite máximo do ensaio. No início da determinação, a 15 °C mediu-se volume de 100 mL, verificou-se a massa e, depois, foi monitorada a variação volumétrica referente ao acréscimo de cada 5 °C. Tal procedimento foi repetido para as cinco proporções de misturas. Com base na análise de variância, os dados foram ajustados por meio do modelo de maior grau significativo. Esse procedimento originou um modelo quadrático, conforme a equação 8 (TABILE, 2008):

$$D = -0,0095T^2 + 0,00173P^2 - 0,0124T + 0,5723P - 0,0016TP + 851 \quad (8)$$

em que,

D = densidade da mistura diesel interior e biodiesel (kg m^{-3});

T = temperatura do combustível (°C);

P = proporção de Biodiesel (%), e

11 Ensaio II - Opacidade da Fumaça do Motor do Trator

Os ensaios foram realizados de acordo com o método da aceleração livre, que é o regime de rotação a que o motor é submetido com o acelerador no seu curso máximo, permanecendo nessa condição por um tempo máximo de 3 segundos, sendo a potência desenvolvida absorvida somente pela inércia dos componentes mecânicos do motor (embreagem, árvore primária da caixa de mudanças), uma vez que o veículo está estacionado. As medições de opacidade são feitas em K, que é o coeficiente de absorção de luz, e tem como unidade m^{-1} (TECNOMOTOR, 2010).

A opacidade da fumaça foi determinada no trator de testes marca Valtra, modelo BM100. Ao término de cada determinação, realizou-se a drenagem completa do sistema de alimentação, evitando, com isso, a contaminação do ensaio seguinte. Além disso, depois de trocado o combustível, o motor ficou em funcionamento em torno de dez minutos antes do início de cada teste.

12 Análise estatística

12.1 Análise de variância e teste de médias

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade, conforme recomendação de BANZATTO & KRONKA (2006).

12.2 Análise de regressão

Para o consumo específico, foi estudado um modelo de ajuste de regressão que melhor explicasse o comportamento do mesmo, em função da proporção de biodiesel. Para o caso da densidade, procurou-se o modelo de superfície de resposta que

explicasse essa variável em função da temperatura e da proporção de biodiesel.

Neste trabalho, utilizou-se da análise de variância (teste F) para selecionar o modelo de equação de maior expoente significativo.

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação geral encontra-se na seguinte ordem: Ensaio I – Desempenho do trator, e Ensaio II - Opacidade da fumaça do motor do trator.

1 Ensaio I - Desempenho do Trator

Nas tabelas em que se encontram os resultados médios dos itens avaliados, os dados referentes aos fatores período de armazenamento e proporção de biodiesel representam médias de 6 e 15 observações, respectivamente.

1.1 Rotação do motor

Verifica-se, na Tabela 2, que o período de armazenamento do biodiesel não influenciou na rotação do motor. Enquanto no fator proporção de mistura nota-se que a rotação do motor foi 64 rpm menor quando se utilizou biodiesel (B100), o que equivale a 3,3%, quando comparado ao diesel. Esses resultados assemelham-se aos encontrados por COSTA NETO et al. (2000). Ressalta-se ainda que, em termos práticos, tal comportamento não afetou o desempenho, uma vez que não influenciou na velocidade do trator.

1.2 Patinagem dos rodados

Verifica-se, na Tabela 2, que as variáveis período de armazenamento e proporção de biodiesel não influenciaram na patinagem dos rodados. Registra-se que os valores de 9,3 e 9,7% e se encontram dentro dos limites recomendados pela AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (1997). Na referida recomendação, é previsto que, se a patinagem for muito baixa, pode ser indício de

lastragem excessiva do trator ou exigência de força abaixo do ideal. Da mesma forma, quando a patinagem é além do recomendado, pode ser falta de lastragem ou exigência acima do ideal. É importante destacar que a ocorrência de ambos os casos se constitui fato negativo, pois, no primeiro caso, o trator é subutilizado e, no segundo, ocorre desgaste acelerado do conjunto, levando a quebras prematuras, principalmente em função dos picos de força frequentes em operações agrícolas.

TABELA 2. Resultados médios para as variáveis rotação no motor (Rot motor), patinagem média dos rodados, força na barra de tração, velocidade de deslocamento e potência na barra de tração.

Fatores	Rot motor	Patinagem	Força	Velocidade	Potência
	rpm	%	kN	km h ⁻¹	kW
Período de armazenamento(Pa)					
0 mês	1889 a	9,3 a	23,4 a	5,3 a	34,2 a
3 meses	1890 a	9,7 a	22,6 a	5,3 a	33,2 a
6 meses	1888 a	9,5 a	22,5 a	5,3 a	33,3 a
Proporção de Biodiesel (Bn)					
B0	1911 a	9,3 a	22,8 a	5,3 a	33,9 a
B5	1910 a	9,7 a	22,5 a	5,3 a	33,3 a
B25	1895 b	9,5 a	23,4 a	5,3 a	34,7 a
B50	1881 c	9,4 a	22,5 a	5,3 a	33,5 a
B100	1847 d	9,6 a	22,6 a	5,2 a	32,7 a
TESTE F					
Pa	0,62 ^{NS}	1,15 ^{NS}	2,68 ^{NS}	2,67 ^{NS}	2,09 ^{NS}
B _n	123,84 ^{**}	2,01 ^{NS}	1,22 ^{NS}	2,30 ^{NS}	2,08 ^{NS}
PaxB _n	2,23 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,32 ^{NS}	2,01 ^{NS}	0,53 ^{NS}
C.V.%	2,36	1,54	4,29	0,93	4,43

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); NS: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

1.3 Força de tração

Verifica-se, na Tabela 2, que a força exigida na barra de tração não variou para o fator período de armazenamento e para as proporções de mistura, resultado esperado, uma vez que se objetivou controlar esta variável por meio de um trator de frenagem engrenado em 4ª marcha.

1.4 Velocidade de deslocamento

Verifica-se, na Tabela 2, que o período de armazenamento do biodiesel, bem como as diferentes proporções de mistura deste no diesel não influenciaram na velocidade de deslocamento do trator.

1.5 Potência na barra de tração

Verifica-se, na Tabela 2, que as variáveis período de armazenamento e proporção de biodiesel não influenciaram na potência na barra de tração, que apresentou média de 33,6 kN, explicado por essa ser o produto da força com a velocidade, que, neste experimento, apresentaram pequenas variações.

Na Tabela 3, encontram-se os resultados médios, para as variáveis consumo horário volumétrico, consumo horário ponderal e consumo específico.

1.6 Consumo horário volumétrico

Pela Tabela 3, observa-se que o período de armazenamento não influenciou no consumo volumétrico de combustível. Porém, em relação à proporção de biodiesel, ao comparar B0 e B100, o consumo aumentou 16,9%. Esse aumento foi em função do menor poder calorífico do biodiesel em relação ao diesel, sendo necessária maior alimentação de combustível para realizar a mesma quantidade de trabalho.

Os resultados do presente trabalho corroboram os encontrados por MONYEM & VAN GERPEN (2001), PETERSON et al. (1996) e OLIVEIRA & COSTA (2002) ressaltando-se que o consumo volumétrico é a informação mais utilizada entre os agricultores pela facilidade de medição.

TABELA 3. Resultados médios para as variáveis consumo horário volumétrico (Chv), consumo horário ponderal (Chp) e consumo específico (Ce).

Fatores	Chv L h ⁻¹	Chp kg h ⁻¹	Ce g kWh ⁻¹
Período de armazenament (Pa)			
0 mês	13,9 a	12,0 a	353 a
3 meses	13,9 a	12,0 a	361 a
6 meses	13,8 a	11,9 a	358 a
Proporção de biodiesel (Bn)			
B0	13,0 a	10,8 a	320 a
B5	13,4 a	11,2 a	337 a
B25	13,8 b	11,8 b	341 ab
B50	14,1 b	12,3 c	368 b
B100	15,2 c	13,7 d	421 c
TESTE F			
Pa	0,45 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,6 ^{NS}
B _n	65,44 ^{**}	154,64 ^{**}	33,20 ^{**}
PaxB _n	0,75 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,63 ^{NS}
C.V.%	2,25	2,29	5,73

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); NS: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

1.7 Consumo horário ponderal

Pela Tabela 3, nota-se que o consumo ponderal teve comportamento semelhante

ao volumétrico, exceto entre as proporções B25 e B50, que foram diferentes estatisticamente. Esta ocorreu quando corrigiu o efeito da densidade do biodiesel de mamona comparado ao diesel, ressaltando-se que, nessa modalidade, o trator consumiu massa de combustível. A relevância dessa medida é para os profissionais que trabalham na distribuição dos combustíveis, com a quantidade de massa que sai da origem sendo a mesma que chega a seu destino. Ademais, serve também para acompanhar a qualidade do produto que se considera a densidade.

1.8 Consumo específico

Pela Tabela 3, verifica-se que, para o consumo específico de biodiesel, não houve diferença em função de seu período de armazenamento. Com relação às proporções de mistura de biodiesel no diesel, nota-se que até a adição de 25% de biodiesel de mamona não ocorreu diferença significativa no consumo específico. Todavia, comparando B0 a B100, o consumo aumentou 31,3%. Esse aumento se deve ao menor poder calorífico do biodiesel em relação ao diesel.

Tais resultados são superiores aos encontrados por LOPES et al. (2006), trabalhando com biodiesel residual de fritura filtrado e destilado, com aumento no consumo de B0 a B100 de 18%. Por outro lado, TABILE et al. (2007), trabalhando com biodiesel de mamona em dois tipos de diesel, observaram aumento de 38,3%, valor pouco maior do que o encontrado neste trabalho (31,3%), uma vez que a força exigida na barra de tração foi semelhante entre os experimentos.

O consumo específico é a forma mais utilizada no meio científico para comparar tratamentos, pois leva em consideração a quantidade de combustível consumida, a potência desenvolvida e a densidade do produto.

O comportamento do consumo específico médio para os três tempos de armazenamento em função da proporção de mistura teve comportamento linear, conforme Figura 7.

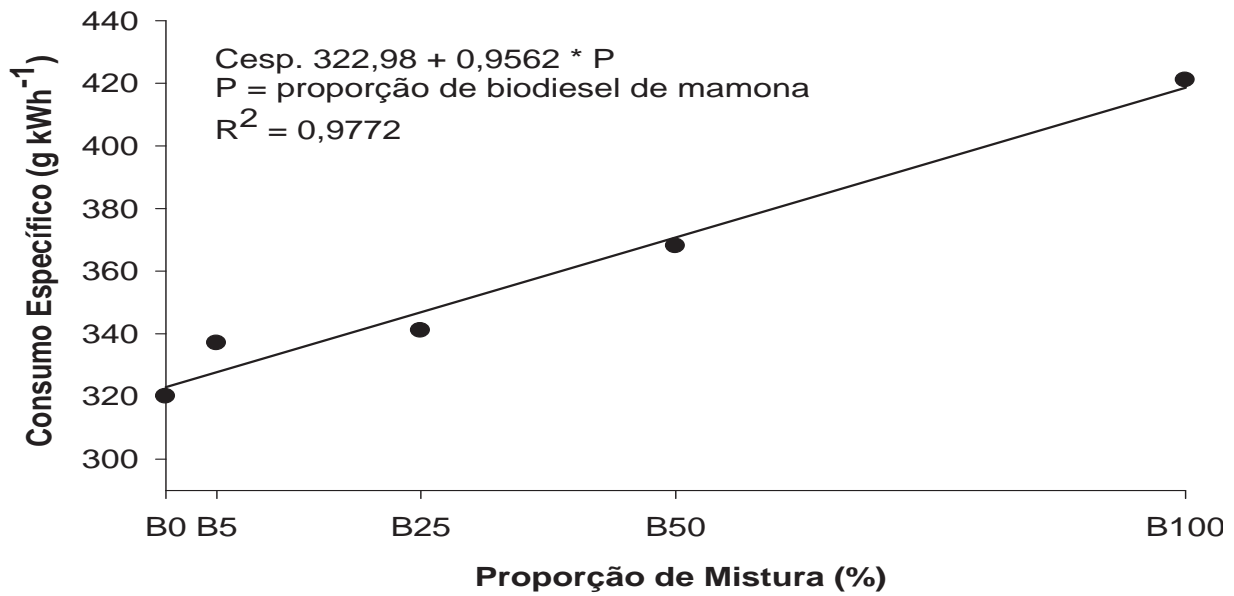


FIGURA 7. Consumo específico em função da proporção de biodiesel de mamona.

2 Ensaio II – Opacidade da Fumaça

Na Tabela 4, estão os resultados médios da opacidade da fumaça, e os dados referentes aos fatores tipo de diesel e proporção de biodiesel representam médias de 6 e 15 observações, respectivamente.

TABELA 4. Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável opacidade da fumaça.

Fatores	Opacidade
Período de armazenamento (Pa)	(m ⁻¹)
0 mês	0,95
3 meses	0,81
6 meses	0,95
Proporção de biodiesel (Bn)	
B0	1,13
B5	1,08
B25	0,85
B50	0,84
B100	0,63
TESTE F	
Pa	188,6534 **
B _n	711,3146 **
PaxB _n	28,7174 **
C.V.%	5,02

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); NS: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

Ressalta-se que, por essa tabela, a interação entre os fatores foram significativos, por isso a referida variável foi analisada utilizando-se de uma tabela complementar de desdobramento.

TABELA 5. Desdobramento da interação período de armazenamento e proporção de biodiesel para a variável opacidade da fumaça (m^{-1}).

PERÍODO DE ARMAZENAMENTO	PROPORÇÃO DE BIODIESEL				
	B0	B5	B25	B50	B100
0	1,21 Aa	1,15 Ab	0,89 Ac	0,90 Ac	0,62 ABd
3 meses	0,95 Ba	0,90 Ba	0,80 Bb	0,79 Bb	0,61 Bc
6 meses	1,23 Aa	1,18 Aa	0,87 Ab	0,82 Bb	0,65 Ac

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 5, observa-se que, no período de armazenamento (na linha), houve uma redução na opacidade da fumaça à medida que se aumentou a proporção de mistura de biodiesel de mamona no diesel, e a mistura feita no momento do ensaio (com combustíveis não armazenados) apresentou maior redução, de 48,76%, em sequência à de 6 meses de armazenamento, com 47,15% e 3 meses com 35,78%, quando comparado B0 com B100. Esses resultados concordam com aqueles encontrados por LOPES (2006).

Quando se avaliou a opacidade em função da proporção de mistura, nota-se na Tabela 5 que, em todas as proporções de mistura, o período de armazenamento dos combustíveis por 3 meses apresentou menor emissão de particulados pelo motor do trator, exceto para as proporções B50, comparado com 6 meses, e B100, comparado com combustíveis novos. Até o presente momento, não se sabe a causa desse comportamento de opacidade.

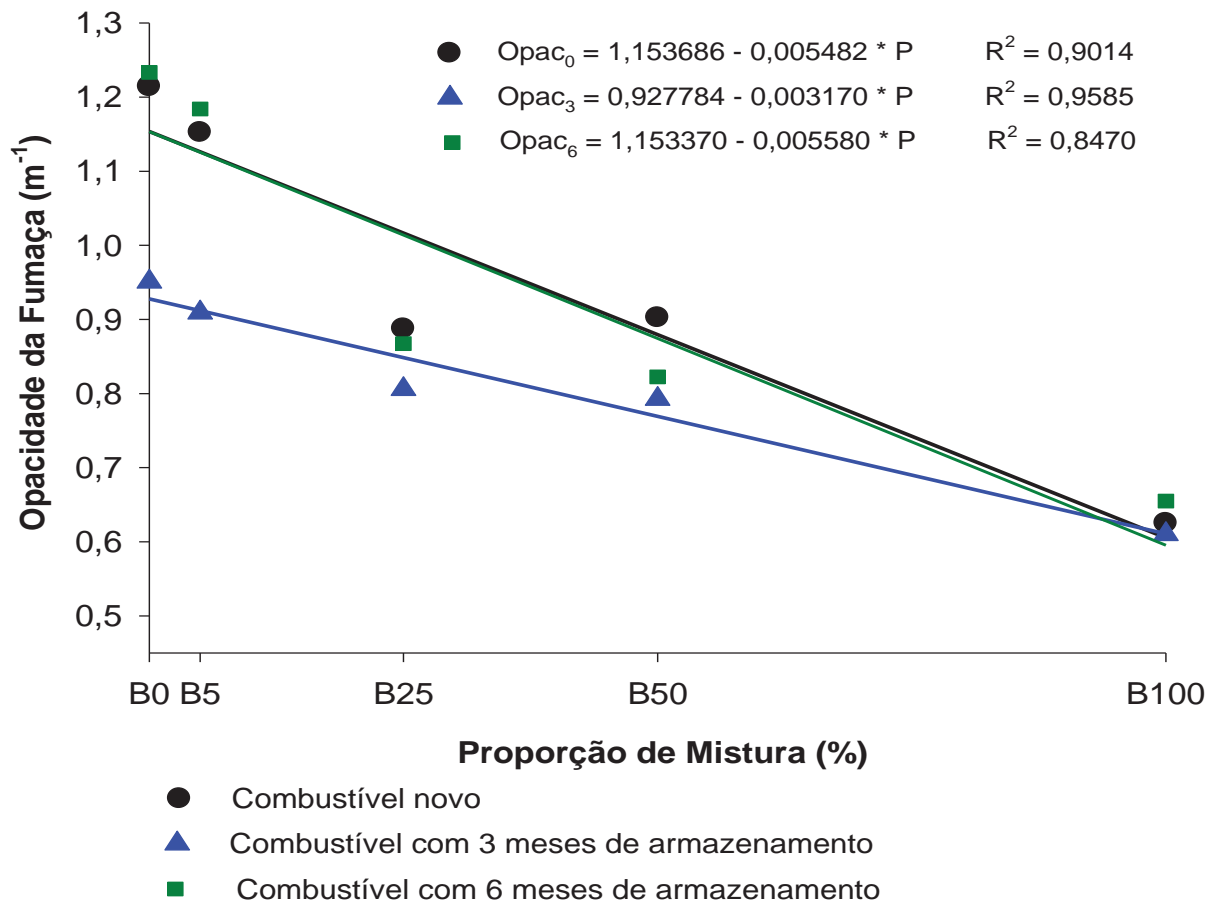


FIGURA 8. Representação gráfica da opacidade da fumaça em função da proporção de mistura de biodiesel de mamona etílico destilado com diesel, nos três períodos de armazenamento.

V CONCLUSÕES

1. O período de armazenamento do biodiesel de mamona em até 6 meses não influenciou o funcionamento do motor, bem como o desempenho operacional do trator agrícola.

2. A proporção de mistura diesel/biodiesel de mamona não comprometeu o funcionamento do motor considerando períodos curtos de utilização.

3. O incremento de biodiesel de mamona a partir de B25, comparado com B0, provocou aumento significativo no consumo específico de combustível do trator na operação de preparo do solo com escarificador.

4. Comparando diesel (B0) com biodiesel de mamona (B100), o consumo específico de combustível aumentou 31,6%, e a opacidade da fumaça reduziu-se em 44%.

5. Para o período de armazenamento de 3 meses a opacidade da fumaça teve redução de 14,5%, não se observando a mesma coisa no sexto mês de avaliação.

VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Biodiesel: estratégias para produção e uso no Brasil. In: BIODIESEL: ESTRATÉGIAS PARA PRODUÇÃO E USO NO BRASIL, 2005, São Paulo: Unicorp, 26-27, abr. 2005. **Anais...** v.1, p.1-23.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. Boletim Mensal de Biodiesel- SRP de 01/12/2009. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/biodiesel/boletim>>. Acesso em: 17 nov. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Boletim eletrônico n. 50. 2011. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em 5 dez . 2011.

ABOISSA. Óleos vegetais. 2005. Disponível em: <http://www.aboissa.com.br/mamona/index.htm>. Acesso em: 19 mai. 2011.

AGRIANUAL 2007: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2007. p. 14-21.

AGROANALYSIS. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, v.25, n. 4, abr. 2005. 50p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology and definitions for agricultural tillage implements. In: ASAE, **Standards 1997**: standards engineering practices data. St. Joseph, 1997. p. 254-275.

ANDREOLI, I., CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais...**, Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1999. 32p. (T025-3 CD-ROM)

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.

BELTRÃO, E. N. Agronegócio das oleaginosas no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 14-17, 2005.

BILICH, F; DA SILVA, R. **Análise da produção de biodiesel utilizando multicritério: biodiesel o novo combustível do Brasil**, 2006.

BIODIESEL I: balanço da União Européia. **Agroanalysis**, São Paulo, v. 27, n. 8, p. 38, 2007.

BIODIESELBR. Biodiesel no mundo. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/mundo/biodiesel-no-mundo.htm>. Acesso em: 02 fev. 2011.

BRASILAGRO. Biocombustíveis - Biodiesel e Bioquerosene. Disponível em: <http://www.brasilagro.com.br/index.php?noticias/detalhes/10/37962>. Acesso em: 17 ago. 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 4 out. 2011.

BRASIL. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 4 out. 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Petróleo. **Resolução nº 15, de 17 de julho de 2006a**.

Disponível em: <www.anp.gov.br/petro/legis>. Acesso em: 20 set. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia 2006- 2011**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006b. p. 96-98.

CAMARA, F. T. **Biodiesel de dendê em trator agrícola: desempenho em função do tempo de armazenamento e da proporção de mistura na operação de preparo do solo**. 2009. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

CAMARA, F. T. et al. Biodiesel de dendê: opacidade da fumaça de um trator agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS, E BIODIESEL- “BIODIESEL: COMBUSTÍVEL ECOLÓGICO”, 4., 2007, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007. p. 586-591.

CARNEIRO, R. A. F. A produção de biodiesel na Bahia. **Conjuntura & Planejamento**, Salvador, n. 112, 2003.

CORTEZ, W. J. et al. Biodiesel x velocidade: desempenho de um trator agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007.

COSTA, F. C.; HOESCHL, H. C. Gestão do conhecimento na cadeia produtiva de Biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** 2006.

COSTA, L. T.; DUARTE, M. E. M.; BELTRÃO, E. N. Estudo da viscosidade do óleo de mamona para temperaturas na faixa de 20 a 80°C. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2004, Campina Grande - PB. **Anais...** 2004.

COSTA NETO, P. R. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, Curitiba, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

DABDOUB, M. J. **Por um biodiesel com identidade brasileira**. 2003. Disponível em: <www.camara.gov.br/internet/comissao/index/perm/capr/CAPR_BIOUSP.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2011.

D'AGOSTO, M. A. **Análise da eficiência da cadeia energética para as principais fontes utilizadas em veículos rodoviários no Brasil**. 2004 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

DANTAS, M. B. **“Blendas de Biodiesel: Propriedades de Fluxo, Estabilidade Térmica e Oxidativa e Monitoramento Durante Armazenamento”**. 2010. 118 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

ECODEBATE. **Brasil é o 5º maior investidor em energias renováveis do mundo**. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2011/12/01/brasil-e-o-5%C2%BA-maior-investidor-em-energias-renovaveis-do-mundo/>. Acesso em: 01 dez. 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Plano Decenal de Energia. Disponível em <http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/>. Acesso em 17 nov. de 2011.

FAGUNDES, F. P. et al. **Avaliação das propriedades do óleo de mamona na produção de biocombustível**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3., 2005, Salvador.

FENKER, E. **Sustentabilidade**: considerações socioeconômicas do impacto ambiental. 2007. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/noticias/index.php3?action=ler&id=35949>> Acesso

em: 10 out. 2011.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, Curitiba, v. 28, n. 9, p. 19, 2005.

FREITAS, M. S. No Brasil, falta execução. **Agroanalysis**, São Paulo, p. 39-41, 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/>> Acesso em: 30 nov. 2010.

GOLÇALVES, P. N. et al. Cultura da mamoneira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 28-32, 2005.

KOIKE, G. H. A.; LOPES, A.; PASSARINI, L. C.; CAMARA, F. T.; JÚNIOR, H. L.; DAL BEM, A. J. Emissão dos gases de combustão em motor de ignição por compressão: ensaio comparativo entre diesel, biodiesel, e biodiesel com injeção de etanol. **Minerva Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 11-18, jan a abr. 2010.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. **European Journal of Agronomy**, v. 11, p. 227-237, 1999.

KUCEK, K. T. et al. Implicações do uso do biodiesel como modelo para projetos MDL. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE FIXAÇÃO DE CARBONO SOB A ÓTICA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2, 2004, Curitiba/PR. **Anais do 2º Simpósio Latino-americano sobre Fixação de Carbono sob a Ótica do Desenvolvimento Sustentável**. (CD Room).

LAFORGIA, L.; ARDITO, V. Biodiesel fueled IDI engines: performances, emissions and heat release investigation. **Bioresource Technology**, Bari, n. 51, p. 53-59, 1995.

LAURINDO, J. C. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS

LÍQUIDOS, 1998, Curitiba, PR. **Anais...** p. 22.

LOPES, A. **Biodiesel em trator agrícola**: desempenho e opacidade. 2006, 158 f. Tese (Livre Docência em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

LOPES, A. et al. Potencialidades do biodiesel no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS VEGETAIS E BIODIESEL, 1., 2004, Varginha. **Anais...** Varginha: UFLA, 2004. 1 CD-ROM.

LOPES, A. ; DABDOUB, M. J.; GROTTA, D. C. C.; CAMARA, F. T.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Consumo de biodiesel etílico de óleo residual em trator agrícola variando o percentual de mistura biodiesel e diesel de petróleo. **Revista da ANPG**, v. 1, n. 1, p.10-15, 2009.

MACHADO, Y. L. et al. Blends de Biodiesel Usando Diferentes Fontes de Biomassa. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1. 2006, Brasília. **Anais...** 2006.

MAHL, D. et al. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.

MAIA, R.; CORREA, E.; CORREIA, E.; ROBERTO, J.; CHAVES, S.; DABDOUB, M. J.; TREVISAN, J. E.; NAGAOKA, A. K.; NETO, P. C.; FRAGA, A. C. Desempenho de um motor ciclo diesel quatro tempos usando 100% de biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL - “BIODIESEL: combustível ecológico”, 4., 2007, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007. p. 1.984- 1.989.

MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. **Fundação de Estudos**

Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1996. 723 p.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (MDA). Seminário Biodiesel no Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO BIODIESEL NO RIO GRANDE DO SUL, 2005, Canoas: Refap, 30, mai. 2002. **Anais...** v.1, p. 13-22.

MIRAGAYA, G. C. J. Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2005.

MONYEM, A.; VAN GERPEN, J.H. The effect of Biodiesel oxidation on engine performance and emissions. **Biomass and Bioenergy**, v.20, p.317-325, 2001.

NABI, M. N.; AKHTER, M. S.; SHAHADAT, M. M. Z. Improvement of engine emissions with conventional diesel fuel and diesel–biodiesel blends. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 97, n. 3, p. 372-378, 2006.

NAPOLEÃO, B. A. Biodiesel: alternativa econômica, social e ambiental para o Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, 2005.

NASCIMENTO, E. J.; DALLAN, F. C. J. O. **Consumo e a produção de biodiesel e a necessidade de ações mitigadoras de efeito estufa**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS e BIODIESEL, 4., 2007, Varginha, MG.

OGUNNIYI, D. S. Castor oil: a vital industrial raw material. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 1, p. 1086-1091, 2006.

OLIVEIRA, L.B.; COSTA, A.O. da. Biodiesel: uma experiência de desenvolvimento sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 9., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002. v.1, p.445-53.

OLIVEIRA, L. B.; COSTA, A. O. **Biodiesel: uma experiência de desenvolvimento sustentável**. 2007. Disponível em: <<http://www.ivig.coppe.ufrj.br/doc/biodiesel.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2010.

PARENTE, E. J. S. Uma aventura tecnológica num país engraçado. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador, v. 1, n. 122, p. 26-31, 2004.

PARENTE, E. J. S. et al. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio 2003. 66 p.

PARRELLA, D. L. et al. **Qualidade de sementes da mamona (*Ricinus communis* L.) utilizadas no estado de Minas Gerais**, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS e BIODIESEL, 4., 2007, Varginha, MG.

PEREIRA, P. D.; DANTAS, A. A. A. **Potencial de redução da poluição do ar causada pelas emissões de motores diesel, com a implementação do biodiesel**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS e BIODIESEL, 4., 2007, Varginha, MG.

PETERSON, L. et al. Ethyl ester of rapeseed used as a biodiesel fuel – a case study. **Biomass and Bioenergy**, Moscow, v. 10, n. 5/6, p. 331-336, 1996.

PRATA, A. B. **Controle supervisorio da cadeia produtiva do biodiesel da mamona baseado em redes de petri**. 154 f. Dissertação (Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional). Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2007.

RABELO, I. D. **Estudo de desempenho de combustíveis convencionais associados a biodiesel obtido pela transesterificação de óleo usado em fritura**. 2001. 99 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2001.

RIBEIRO, S. K. **Competitividade do biodiesel no mercado de combustíveis no Brasil**, In: SEMINÁRIO BIODIESEL: EXPANDINDO O USO, 2005, São Paulo.

RINALDI, R. et al. Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova**, Campinas, v. 30, n. 5, p. 1374-1380, 2007.

SANTANA, G. C. S.; ANDRADE, T. C. Q.; FLORÊNCIO, A. Oleaginosas para a produção de biodiesel no estado da Bahia a partir da agricultura familiar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL- BIODIESEL: COMBUSTÍVEL ECOLÓGICO, 4., 2007, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007. p. 1217-1226.

SANTOS, M. A. **Inserção do biodiesel na matriz energética brasileira**: aspectos técnicos e ambientais relacionados ao seu uso em motores de combustão. 2007 f. 34-40. Dissertação (Mestrado em Energia) – Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo. São Paulo. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2007Testes/Mauro_Dissertação.pdf>.

Acesso em: 22 jan. 2011.

SATURNINO, H. M. et al. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SAVY FILHO, A. et al. Mamona. In: CATI. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral **Oleaginosas no Estado de São Paulo**: análise e diagnóstico. Campinas, 1999, p. 29-39. (Documento Técnico, 107).

SLUSZZ, Thaisy; MACHADO, João A. Dessimon. **Características das Potenciais Culturas Matérias-Primas do Biodiesel e sua Adoção pela Agricultura Familiar**.

Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. XLIV Congresso da Sober: “Questões Agrárias, Educação no Campo e Desenvolvimento”. Fortaleza – CE, 2006.

SOMMAVILLA, C. A. In: **pesquisa de opinião: passageiros de veículos que utilizam biodiesel**. Curitiba: Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, 1998.

SORANSO, A. M.; GABRIEL FILHO, A.; LOPES, A.; SOUZA, E. G. De, DABDOUB, M. J.; FURLANI, C. E. A.; CAMRA, F. T. Desempenho dinâmico de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado de óleo residual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 553-559, 2008.

SORANSO, A. M. **Desempenho dinâmico de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado etílico e metílico**. 2006. 45 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Engenharia de Sistemas Agroindustriais)- Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

TABILE, R.A. et al. **Opacidade da fumaça de um trator agrícola funcionando com Biodiesel metílico de gordura hidrogenada**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha. **Anais...**

TABILE, R.A. **Efeito de biodiesel de mamona no diesel interior e metropolitano em trator agrícola**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008

TECNOMOTOR. Tecnomotor Eletrônica do Brasil Ltda., OPACER TM 133 Opacímetro de amostragem. **Manual de Operação**. São Carlos, 2010. Ed. 07/01, 26 p.

TEIXEIRA, C . L. Produção de biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 79-86, 2005.

UNESP. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”–
CÂMPUS DE JABOTICABAL. Departamento de Ciências Exatas: Estação
meteorológica -Dados normais. 2006. Disponível em: <www.fcav.unesp.br>. Acesso
em: 7-1-2006.

VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F. Importância sócio-econômica e melhoramento genético da
mamoneira no Brasil. In QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.).
Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro. 2008.
Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br>>. Acesso em: 19 abr. 2011.

VALTRA. Valtra do Brasil. **Manual do operador**, 2007 45 p.

APÉNDICE

APÊNDICE 1. Especificações técnicas dos tratores.

Item		Trator de teste	Trator de frenagem
Marca		VALTRA	VALTRA
Modelo		BM 100	BH 140
Motor			
Marca		Valtra	Valtra
Modelo		420DS	
Tipo		Turbo alimentado	Turbo alimentado
Arrefecimento		Líquido	Líquido
Cilindrada		4400 cm ³	6600 cm ³
N ^o de cilindros		4	6
Potência máxima no motor		74 kW (100 cv)	103 kW (140 cv)
Rotação de potência máxima		2300 rpm	2400 rpm
Torque máximo		367 Nm	475 Nm
Rotação de torque máximo		1400 rpm	1400 rpm
Bomba injetora		ROTATIVA	ROTATIVA
Tanque de combustível		140 litros	270 litros
Número de marchas		16 + 8 RÉ	16 F + 8 RÉ
Dimensões			
Distância entre eixos		2525 mm	2763 mm
Bitola máxima		2240 mm	2128 mm
Altura da barra de tração		400 mm	400 mm
Distribuição de massa	Dianteiro	1406 kg	2020 kg
Trator sem lastro	Traseiro	2109 kg	3030 kg
	Total	3515 kg	5050 kg
Distribuição de massa	Dianteiro	2160 kg	2930 kg
Trator com lastro	Traseiro	3240 kg	4395 kg
	Total	5400 kg	7325 kg

Fonte: Valtra (2007)

APÊNDICE 2. Densidade do Biodiesel etílico destilado de mamona em função da temperatura e da proporção de mistura com diesel interior (kg m^{-3}).

T (°C)	B0	B5	B15	B25	B50	B75	B100
10	850	853	859	865	882	901	923
15	849	851	857	863	880	900	921
20	847	850	855	862	878	897	918
25	845	847	853	859	876	894	915
30	842	845	850	856	873	891	912
35	839	842	847	853	869	887	908
40	835	838	843	849	865	883	903
45	831	834	839	845	861	878	899
50	827	829	834	840	856	873	893
55	822	824	829	835	850	868	887
60	816	818	824	829	844	862	881
65	810	812	817	823	838	855	874
70	804	806	811	816	831	848	867

APÊNDICE 3. Especificação do diesel

Característica	Unidade	Limite por tipo		Método	
		Metropolitano	Interior	ABNT	ASTM
Aparência					
Aspecto		Límpido isento de impurezas		Visual (1)	
Cor		-	Vermelho	Visual (1)	
Cor ASTM, máx.		3,0	3,0 (2)	NBR 14483	D 1500
Composição					
Teor de Biodiesel, (3)	% vol.	2,0	2,0	Espectrometria de Infravermelho	
Enxofre Total, máximo	mg/kg	500	2.000	NBR14875 - NBR14533 -	D 1552 D 2622 D 4294 D 5453
Volatilidade					
Destilação	°C			NBR 9619	D 86
10% vol., recuperados		Anotar			
50% vol., recuperados, máx.		245,0 a 310,0			
85% vol., recuperados, máx.		360,0	370,0		
90% vol., recuperados		Anotar			
Massa específica a 20°C	kg/m ³	820 a 865	820 a 880	NBR 7148, NBR 14065	D 1298 D 4052
Ponto de fulgor, min.	°C	38,0		NBR 7974 NBR 14598 -	D 56 D 93 D 3828
Fluidez					
Viscosidade a 40°C, máx.	(mm ² /s) cSt	2,0 a 5,0		NBR 10441	D 445
Ponto de entupimento de filtro a frio	°C			NBR 14747	D 6371

Continua...

APÊNDICE 3. Especificação do diesel (continuação.)

Característica	Unidade	Limite por tipo		Método	
		Metropolitano	Interior	ABNT	ASTM
Combustão					
Número de Cetano, mín. (4)	-	42		-	D 613
Resíduo de carbono Ramsbottom no resíduo dos 10% finais da destilação, máx.	% massa	0,25		NBR 14318	D 524
Cinzas, máx.	% massa	0,010		NBR 9842	D 482
Corrosão					
Corrosividade ao cobre, 3h a 50°C, máx.	-	1		NBR 14359	D 130
Contaminantes					
Água e Sedimentos, máx.	% volume	0,05		NBR 14647	D 1796
Lubricidade					
Lubricidade, máx.	mícron	460	-		D 6079

(1) A visualização será realizada em proveta de vidro de 1L.

(2) Limite requerido antes da adição do corante. O corante vermelho, deverá ser adicionado no teor de 20mg/L pelas Refinarias, Centrais de Matérias Primas Petroquímicas e Importadores.

(3) Adição não obrigatória. Com o objetivo de formar base de dados, os agentes autorizados que procederem a mistura óleo diesel/Biodiesel – B2 e dispuserem de espectrômetro de infravermelho deverão fazer a análise e anotar o resultado.

(4) Alternativamente ao ensaio de Número de Cetano fica permitida a determinação do Índice de Cetano calculado pelo método NBR 14759 (ASTM D 4737), cuja especificação fica estabelecida no valor mínimo de 45. Em caso de desacordo de resultados prevalecerá o valor do Número de Cetano.

Fonte: BRASIL (2006a).

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com diesel (novo).

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
Trator BM100, Ano: a partir de 1995
Combustível: Diesel (novo)

Dados da inspeção

Data: 15/05/2007
Horário: 16:51 às 17:05
Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm	rpm	R1	R2	R3	
1	900	2300	1,35	1,42	1,14	2,00
2	900	2300	1,33	1,21	1,22	2,00
3	900	2300	1,21	1,27	1,16	2,00
4	900	2300	1,23	1,20	1,26	2,00
5	900	2300	1,10	1,12	1,25	2,00
6	900	2300	1,20	1,23	1,18	2,00
7	900	2300	1,31	1,25	1,24	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			1,21	1,20	1,23	
Média geral da opacidade			1,21 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

**RESULTADO DO TESTE
APROVADO**

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (novo) – B5.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Trator BM100, Ano: a partir de 1995

Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (novo) – B5

Dados da inspeção

Data: 15/05/2007

Horário: 16:08 às 16:17

Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm	rpm	R1	R2	R3	
1	900	2300	1,25	1,26	1,29	2,00
2	900	2300	1,20	1,18	1,19	2,00
3	900	2300	1,18	1,11	1,10	2,00
4	900	2300	1,16	1,13	1,13	2,00
5	900	2300	1,18	1,14	1,10	2,00
6	900	2300	1,16	1,19	1,11	2,00
7	900	2300	1,17	1,22	1,11	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			1,17	1,17	1,11	
Média geral da opacidade			1,15 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm

b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

a) Umidade Relativa:

b) Temperatura do ar:

c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa

d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

a) Turbo: SIM

b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

**RESULTADO DO TESTE
APROVADO**

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (novo) – B25.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Trator BM100, Ano: a partir de 1995

Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (novo) – B25

Dados da inspeção

Data: 15/05/2007

Horário: 16:17 às 15:41

Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm	rpm	R1	R2	R3	
1	900	2300	1,09	1,04	1,09	2,00
2	900	2300	1,10	0,98	1,04	2,00
3	900	2300	1,06	1,02	0,98	2,00
4	900	2300	0,94	0,87	0,89	2,00
5	900	2300	0,93	0,89	0,89	2,00
6	900	2300	0,86	0,85	0,86	2,00
7	900	2300	0,88	0,88	0,91	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			0,90	0,87	0,89	
Média geral da opacidade			0,89 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm

b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

a) Umidade Relativa:

b) Temperatura do ar:

c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa

d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

a) Turbo: SIM

b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

RESULTADO DO TESTE

APROVADO

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (novo) – B50.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Trator BM100, Ano: a partir de 1995

Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (novo) – B50

Dados da inspeção

Data: 15/05/2007

Horário: 14:10 às 14:25

Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm		rpm	R1	R2	
1	900	2300	0,77	0,77	0,80	2,00
2	900	2300	0,81	0,72	0,78	2,00
3	900	2300	0,80	0,63	0,74	2,00
4	900	2300	0,86	0,93	0,85	2,00
5	900	2300	0,90	0,92	0,93	2,00
6	900	2300	0,88	0,92	0,84	2,00
7	900	2300	0,96	0,95	0,89	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			0,90	0,93	0,88	
Média geral da opacidade			0,90 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE**1 Resultados do teste de aceleração:**

a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm

b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

a) Umidade Relativa:

b) Temperatura do ar:

c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa

d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

a) Turbo: SIM

b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)**RESULTADO DO TESTE
APROVADO**

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (novo) – B100.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
 Trator BM100, Ano: a partir de 1995
 Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (novo) – B100

Dados da inspeção

Data: 15/05/2007
 Horário: 13:30 às 13:51
 Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm	rpm	R1	R2	R3	
1	900	2300	1,01	1,05	0,92	2,00
2	900	2300	0,85	0,74	0,67	2,00
3	900	2300	0,67	0,56	0,56	2,00
4	900	2300	0,65	0,67	0,65	2,00
5	900	2300	0,68	0,66	0,59	2,00
6	900	2300	0,66	0,58	0,60	2,00
7	900	2300	0,62	0,62	0,52	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			0,65	0,63	0,59	
Média geral da opacidade			0,62 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE**1 Resultados do teste de aceleração:**

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
 b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade Relativa:
 b) Temperatura do ar:
 c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
 d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
 b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

**RESULTADO DO TESTE
 APROVADO**

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com diesel (3 meses armazenado).

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
 Trator BM100, Ano: a partir de 1995
 Combustível: Diesel (3 meses armazenado)

Dados da inspeção

Data: 20/08/2007

Horário: 14:35 às 14:55

Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm	rpm	R1	R2	R3	
1	900	2300	0,99	1,63	1,07	2,00
2	900	2300	0,84	1,19	0,80	2,00
3	900	2300	0,87	0,96	0,93	2,00
4	900	2300	0,83	1,01	0,91	2,00
5	900	2300	0,92	1,00	1,02	2,00
6	900	2300	0,83	1,16	0,84	2,00
7	900	2300	0,97	0,97	0,95	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			0,89	1,03	0,94	
Média geral da opacidade			0,95 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

RESULTADO DO TESTE APROVADO

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (3 meses armazenado) – B5.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
 Trator BM100, Ano: a partir de 1995
 Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (3 meses armazenado) – B5

Dados da inspeção

Data: 20/08/2007
 Horário: 14:10 às 14:32
 Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm	rpm	R1	R2	R3	
1	900	2300	1,03	1,06	0,98	2,00
2	900	2300	1,08	1,03	0,94	2,00
3	900	2300	0,94	0,94	0,95	2,00
4	900	2300	0,94	0,89	0,87	2,00
5	900	2300	0,91	0,87	0,89	2,00
6	900	2300	0,96	0,91	0,91	2,00
7	900	2300	0,94	0,90	0,92	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			0,94	0,89	0,90	
Média geral da opacidade			0,91 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade Relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

RESULTADO DO TESTE APROVADO

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (3 meses armazenado) – B25.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
 Trator BM100, Ano: a partir de 1995
 Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (3 meses) – B25

Dados da inspeção

Data: 20/08/2007

Horário: 15:25 às 15:50

Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm	rpm	R1	R2	R3	
1	900	2300	0,95	0,87	0,84	2,00
2	900	2300	0,81	0,91	0,81	2,00
3	900	2300	0,74	0,83	0,85	2,00
4	900	2300	0,84	0,84	0,80	2,00
5	900	2300	0,81	0,79	0,82	2,00
6	900	2300	0,80	0,86	0,76	2,00
7	900	2300	0,78	0,80	0,77	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			0,81	0,82	0,79	
Média geral da opacidade			0,81 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE**1 Resultados do teste de aceleração:**

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade Relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

**RESULTADO DO TESTE
APROVADO**

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (3 meses armazenado) – B50.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Trator BM100, Ano: a partir de 1995

Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (3 meses) – B50

Dados da inspeção

Data: 20/08/2007
 Horário: 15:00 às 15:20
 Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm		rpm	R1	R2	
1	900	2300	0,95	0,94	1,39	2,00
2	900	2300	0,72	0,80	0,85	2,00
3	900	2300	0,75	0,75	0,94	2,00
4	900	2300	0,79	0,77	0,81	2,00
5	900	2300	0,75	0,76	0,84	2,00
6	900	2300	0,73	0,84	0,85	2,00
7	900	2300	0,81	0,71	0,85	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			0,77	0,77	0,84	
Média geral da opacidade			0,79 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade Relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

RESULTADO DO TESTE APROVADO

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (3 meses armazenado) – B100.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
 Trator BM100, Ano: a partir de 1995
 Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (3 meses) – B100

Dados da inspeção

Data: 20/08/2007
 Horário: 13:55 às 14:06

Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm		rpm	R1	R2	
1	900	2300	0,77	0,95	0,65	2,00
2	900	2300	0,64	0,66	0,63	2,00
3	900	2300	0,62	0,70	0,69	2,00
4	900	2300	0,59	0,64	0,63	2,00
5	900	2300	0,58	0,61	0,65	2,00
6	900	2300	0,64	0,59	0,61	2,00
7	900	2300	0,62	0,58	0,62	2,00
8	900	2300	-	0,60	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			0,61	0,60	0,63	
Média geral da opacidade			0,61 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade Relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

RESULTADO DO TESTE APROVADO

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com diesel (6 meses).

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
Trator BM100, Ano: a partir de 1995
Combustível: Diesel (6 meses)

Dados da inspeção

Data: 20/11/2007
Horário: 20:35 às 20:55
Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm		rpm	R1	R2	
1	900	2300	1,35	1,42	1,14	2,00
2	900	2300	1,33	1,21	1,22	2,00
3	900	2300	1,21	1,27	1,16	2,00
4	900	2300	1,23	1,20	1,26	2,00
5	900	2300	1,24	1,24	1,25	2,00
6	900	2300	1,22	1,23	1,22	2,00
7	900	2300	1,22	1,25	1,24	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			1,23	1,22	1,23	
Média geral da opacidade			1,23 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE**1 Resultados do teste de aceleração:**

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

**RESULTADO DO TESTE
APROVADO**

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (6 meses) – B5.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
Trator BM100, Ano: a partir de 1995
Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (6 meses) – B5

Dados da inspeção

Data: 15/05/2007
Horário: 19:08 às 19:27
Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm		rpm	R1	R2	
1	900	2300	1,25	1,26	1,19	2,00
2	900	2300	1,20	1,21	1,19	2,00
3	900	2300	1,18	1,31	1,21	2,00
4	900	2300	1,16	1,19	1,18	2,00
5	900	2300	1,18	1,21	1,15	2,00
6	900	2300	1,16	1,19	1,21	2,00
7	900	2300	1,17	1,22	1,19	2,00
8	900	2300	-	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			1,17	1,20	1,18	
Média geral da opacidade			1,18 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade Relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

RESULTADO DO TESTE APROVADO

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (6 meses) – B25.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
Trator BM100, Ano: a partir de 1995
Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (6 meses) – B25

Dados da inspeção

Data: 15/05/2007
Horário: 19:30 às 19:45
Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha		Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	lenta			R1	R2	R3	
	rpm		rpm				
1	900		2300	1,19	1,14	1,19	2,00
2	900		2300	1,12	0,92	1,08	2,00
3	900		2300	1,26	1,12	0,92	2,00
4	900		2300	0,84	0,89	0,85	2,00
5	900		2300	0,91	0,83	0,82	2,00
6	900		2300	0,86	0,89	0,89	2,00
7	900		2300	0,88	0,92	0,83	2,00
8	900		2300	-	-	-	2,00
9	900		2300	-	-	-	2,00
10	-		-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição				0,87	0,88	0,85	
Média geral da opacidade				0,87 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade Relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

RESULTADO DO TESTE APROVADO

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (6 meses) – B50.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
Trator BM100, Ano: a partir de 1995
Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (6 meses) – B50

Dados da inspeção

Data: 15/05/2007
Horário: 19:00 às 19:15
Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha		Rotação de corte	Repetições da opacidade			Máximo
	lenta			R1	R2	R3	
	rpm	RPM					
1	900	2300	1,15	1,10	1,27	2,00	
2	900	2300	1,02	0,80	0,83	2,00	
3	900	2300	1,01	0,78	0,83	2,00	
4	900	2300	0,83	0,77	0,78	2,00	
5	900	2300	0,87	0,78	0,78	2,00	
6	900	2300	0,93	0,78	0,86	2,00	
7	900	2300	0,97	0,74	0,78	2,00	
8	900	2300	-	-	-	2,00	
9	900	2300	-	-	-	2,00	
10	-	-	-	-	-	2,00	
Média em cada repetição				0,90	0,77	0,80	
Média geral da opacidade				0,82 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade Relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

RESULTADO DO TESTE APROVADO

APÊNDICE 4. Ensaio original de opacidade da fumaça do trator funcionando com Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (6 meses) – B100.

Dados do veículo

Fabricante: VALTRA DO BRASIL, CATEGORIA MÁQUINAS AGRÍCOLAS
Trator BM100, Ano: a partir de 1995
Combustível: Biodiesel etílico destilado de óleo de mamona (6 meses) – B100

Dados da inspeção

Data: 15/05/2007
Horário: 18:30 às 18:51
Código do inspetor: LAMMA-UNESP-JABOTICABAL

Medição da opacidade

Amostra	Rotação de marcha lenta	Rotação de corte rpm	Repetições da opacidade			Máximo
	rpm		R1	R2	R3	
1	900	2300	0,79	0,92	0,85	2,00
2	900	2300	0,73	0,61	0,71	2,00
3	900	2300	0,71	0,64	0,63	2,00
4	900	2300	0,74	0,60	0,69	2,00
5	900	2300	0,73	0,62	0,65	2,00
6	900	2300	0,69	0,60	0,67	2,00
7	900	2300	0,63	0,67	0,63	2,00
8	900	2300	0,68	-	-	2,00
9	900	2300	-	-	-	2,00
10	-	-	-	-	-	2,00
Média em cada repetição			0,68	0,62	0,65	
Média geral da opacidade			0,65 (m⁻¹)			

OBSERVAÇÕES SOBRE O TESTE

1 Resultados do teste de aceleração:

- a) Rotação de marcha lenta: 900 rpm
- b) Rotação de corte: 2300 rpm

2 Condições do teste

- a) Umidade Relativa:
- b) Temperatura do ar:
- c) Pressão atmosférica: 94,2 kPa
- d) Altitude do local de ensaio: 559 m

3 Características do veículo

- a) Turbo: SIM
- b) Limite de opacidade: 2,00 (m⁻¹)

**RESULTADO DO TESTE
APROVADO**