

RESUMO

Na maioria dos países do mundo, a matriz energética é baseada no consumo de combustíveis fósseis, ou seja, petróleo, gás natural e carvão. O principal problema deste modelo é que os recursos não são renováveis, além de ocasionarem muitos danos ao meio ambiente, como a poluição atmosférica causadora do efeito estufa. O biodiesel é um combustível produzido a partir de óleos vegetais ou animais. Pode ser usado em motor a diesel, com pouca ou nenhuma modificação, e pode ser misturado ao diesel fóssil para uso geral. Oferece uma oportunidade significativa para a redução da dependência dos combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito estufa.

Nesta avaliação foi analisado o impacto da produção e utilização de biodiesel a partir de todas as suas fases. A produção de biodiesel é responsável pela redução da dependência de energias fósseis em 85% por unidade de diesel fóssil deslocadas. A produção e utilização de biodiesel também reduzem as emissões de gases com "efeito estufa" entre 85 e 110% por unidade de diesel fóssil deslocadas. O impacto mais marcante na qualidade do ar é a eliminação de emissões tóxicas. Seu uso também tem demonstrado a redução das emissões de partículas, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. A maior demanda por grãos oleaginosos proverá a utilização de mais espécies nos sistemas de produção. O biodiesel constitui-se em uma boa alternativa para a substituição parcial ou total de óleo diesel, mas as vantagens ambientais e agrícolas dependem de estudos pendentes em vários elos da cadeia produtiva.

Palavras-chave: biocombustíveis, energia renovável, culturas oleaginosas, custo energético.

ABSTRACT

In most countries of the world, the energy matrix is based on consumption of fossil fuels, like oil, natural gas and coal. The main problem of this model is that resources are not renewable, and occasioning great damage to the environment, such as air pollution, causing the greenhouse effect. Biodiesel is a renewable fuel produced from vegetable or animal oils. It can be used in diesel engines with little or no modification, and can be blended with fossil diesel for general use. Biodiesels offer a significant opportunity for further reductions in dependence on fossil fuels and emission of greenhouse gases.

This evaluation has looked into the impact of producing and using biodiesel from every stage of its production and use. The production of biodiesel reduces dependence on fossil energy by 85% per unit of fossil diesel displaced. Biodiesel production and use also decreases greenhouse gas emissions by between 85 and 110% per unit of fossil diesel displaced. Its most remarkable impact on air quality is the elimination of toxic emissions. Its use has also been

shown to reduce particulate emissions, carbon monoxide and hydrocarbons. The higher demand for oleaginous grains will increase the number of species used in crop production. Biodiesel is a good alternative to substitute partial or totally petroleum diesel, but the environmental and agricultural advantages depend on studies in every link of its production chain.

Key words: biofuel, renewable energy, oil crops, energy cost.

1 - INTRODUÇÃO

A maior parte de toda a energia consumida provém do petróleo, carvão e gás natural. O mundo sente a necessidade de fontes de energia renováveis, visto que as atuais reservas de petróleo seriam suficientes para abastecer o consumo mundial por mais seis ou sete décadas antes do esgotamento dessas reservas. De acordo com Ferrari et al. (2005) citados por Saul Suslick, o petróleo respondia por cerca de 30% da energia mundial no início deste milênio e deverá representar menos de 5% ao passar do século devido ao esgotamento das reservas, mesmo que haja novas descobertas do produto como recentemente anunciado pelo governo brasileiro. Já em relação à biomassa, a aposta é que ocorra o oposto, passando de cerca de 2% para 20% ao longo do século.

Nesse contexto, o emprego do biodiesel em qualquer proporção é bastante atrativo frente ao óleo diesel convencional, pois além de ser um nicho de mercado específico tem preço superior ao diesel comercial, é livre de compostos aromáticos e enxofre, tem alto número de cetano, teor médio de oxigênio (11%), maior ponto de fulgor, menor emissão de partículas, não é tóxico, é biodegradável e provém de fontes renováveis.

Em 1900, o inventor alemão Rudolph Diesel levou à exposição internacional de Paris um motor com novo sistema de funcionamento, chamado de "ciclo Diesel". O motor era movido com óleo de amendoim e, nas primeiras décadas do século XX, foram utilizados óleos de várias outras espécies vegetais para seu funcionamento. O alto custo de produção de sementes desde aquela época foi uma dificuldade para a utilização do motor Diesel. A abundância de petróleo no início do século XX e o baixo custo para o refino de seu óleo fez com que os óleos vegetais fossem substituídos pelo óleo refinado de petróleo, que então foi chamado de "óleo diesel". Nas décadas de 30 e 40, óleos vegetais eram utilizados apenas em caso de emergência (MA & HANNA, 1999).

Além de sua grande disponibilidade no início do século XX, a alta densidade energética do petróleo colaborou para torná-lo a matéria-prima mais conveniente para combustíveis utilizados nos setores de transporte, agricultura e indústria. Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (2005), a matriz energética mundial tem participação de 80% de fontes de carbono fóssil, sendo 36% de petróleo. No Brasil, a participação do petróleo é ainda maior, na ordem de 43%. Entretanto, os combustíveis fósseis são grandes poluidores do ambiente, seja pela emissão de gases do efeito estufa durante a combustão, seja pelo descarte de resíduos ou pelos derramamentos que eventualmente ocorrem no mar e no solo. Além destes inconvenientes, não raros são os anos em que o consumo excede a produção (INTERNATIONAL AGENCY, 2006). Este crescente consumo, a concentração geográfica das jazidas e a volatilidade do

preço do petróleo vêm causando guerras entre países, o que já gerou a chamada “crise do petróleo”.

Diante dessa situação, na década de 70, o governo brasileiro lançou o programa Pró-Álcool como uma estratégia para reduzir o consumo de gasolina, lançando carros movidos a etanol. O programa fomentava a fabricação de veículos movidos exclusivamente a álcool, produzido a partir da cana-de-açúcar. Foi um sucesso na década de 80, quando 90% dos carros produzidos no Brasil eram movidos a álcool (BRASIL, 2005). A dependência exclusiva da matéria-prima obtida a partir da cana-de-açúcar e a inexistência de mercado externo para o etanol foram as principais limitações do programa, pois impediam que o governo regulasse o preço do combustível ao consumidor. A sazonalidade da produção e a competição do álcool com o açúcar no mercado externo causavam grandes oscilações de preço. Além disso, a tecnologia incipiente dos motores naquela época também causou rejeição pelos consumidores.

Como a maioria dos cenários traçados para o preço internacional do petróleo prevê a continuidade da escalada de preços e de consumo (BRASIL, 2005; GREENE et al., 2006), consolida-se a necessidade de algum combustível alternativo que reduza o consumo de petróleo. Os Estados Unidos têm investido em estudos sobre a produção de álcool a partir de sorgo, milho e eucalipto (PIMENTEL & PATZEK, 2005). A outra “nova” alternativa é a utilização de óleos vegetais, como Rudolph Diesel fez no início do século XX. Esta necessidade tem levado muitos países, inclusive o Brasil, a investir em programas de utilização de óleos vegetais para o óleo diesel. Em 2005, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) lançou o Programa Nacional de Agroenergia e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, que prevêem a produção de combustíveis a partir de fontes renováveis, decretando também a lei que determina a adição de biodiesel ao óleo diesel derivado do petróleo. Diante desse cenário, o objetivo desta revisão é o de avaliar as vantagens e as desvantagens que a produção de biodiesel pode trazer para a agricultura e para o meio ambiente e discutir a competição por recursos naturais que haverá entre a produção do biocombustíveis e de alimentos.

2 – BIODIESEL - CARACTERÍSTICAS GERAIS

Biodiesel é o combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, como óleos vegetais “puros” ou já utilizados e gorduras animais (MONYEM & VAN GERPEN, 2001). É obtido por diferentes processos, como craqueamento, esterificação e transesterificação, no qual ocorre a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos (ENCINAR et al., 2002). Pode ser utilizado puro ou em misturas com óleo diesel derivado do petróleo, em diferentes proporções. Quando o combustível provém da mistura dos dois óleos, recebe o nome da porcentagem de participação do biodiesel, sendo B2 quando possui 2% de biodiesel, B20 quando possui 20%, até chegar a B100, que corresponde ao biodiesel puro.

O método de obtenção do biodiesel que o governo brasileiro incentiva é o de transesterificação. A glicerina é um subproduto da reação, e deve ser purificada antes da venda a fim de aumentar a eficiência do processo. A produção brasileira de biodiesel deve utilizar o etanol no processo, por ser produzido em abundância e com baixo custo (BRASIL, 2005). O custo de produção do biodiesel continua sendo um grande obstáculo para sua produção. ZHANG et al., (2003) citam

um custo de produção do biodiesel de aproximadamente US\$0,36 l⁻¹.

O biodiesel é normalmente produzido a partir de oleaginosas como sorgo, soja, girassol e palma. Entretanto, o uso de microalgas como matéria-prima pode ser uma alternativa para a próxima geração de biocombustíveis, pois algumas espécies contêm grandes quantidades de óleo, exibem taxa de crescimento rápido, permitem o uso de terras não aráveis e água não potável, utilizam um volume de água muito menor para se reproduzirem, a produção não é sazonal, além de não substituírem os cultivos destinados à alimentação humana.

Estudos conduzidos por GOUVEIA OLIVEIRA (2009) revelaram que as espécies *Oleabundans neochloris* (microalga de água doce) e *Nannochloropsis* sp (microalga marinha) mostraram-se adequadas como matéria-prima para a produção de biocombustíveis devido ao seu alto teor de óleo (29,0 e 28,7%, respectivamente). Porém, se o objetivo é produzir a partir de uma única espécie, *Scenedesmus obliquus* apresenta o perfil de ácidos graxos mais adequados, nomeadamente em termos de ácido linolênico e outros ácidos graxos poliinsaturados. No entanto, as microalgas *Neochloris oleabundans*, *Nannochloropsis* sp. e *Dunaliella tertiolecta* também podem ser utilizadas se associadas com outros óleos de microalgas e / ou óleos vegetais.

(MIAO & WU, 2006) revelaram que a microalga *Chlorella protothecoides*, quando se desenvolve heterotroficamente, apresenta alto conteúdo lipídico (55%) nas células e elevada produção de biomassa em menor tempo que o das culturas oleaginosas tradicionais (MIAO & WU, 2006).

Estudos em andamento conduzidos por Nascimento (dados não publicados, 2009) indicam que as microalgas das espécies *Botryococcus brauni* e *Dunaliella tertiolecta* apresentam grande potencial como produtoras de óleos para utilização no emprego de produção de biodiesel. O custo de produção é muito variável, pois depende da matéria-prima e do processo utilizado, além do local onde é produzido. A maior demanda pode estimular a produção de oleaginosas, aumentando a escala de produção e oferta de grãos, o que pode resultar em diminuição do custo. No entanto, pode aumentar a competição entre a produção de alimentos e a produção de biocombustível, resultando em maior valor dos grãos e elevando o custo de produção. A reutilização de óleo de cozinha é alternativa de redução do custo de produção, além de contribuir para a solução de descarte deste produto (ZHANG et al., 2003).

4 – EMISSÕES E IMPACTOS AMBIENTAIS

Embora os biocombustíveis possam contribuir para a redução do uso de combustíveis fósseis, a agricultura tem seus próprios impactos sobre as alterações climáticas, de forma notável o CO₂ do solo e o óxido nitroso (N₂O)

dos fertilizantes. AINSLIE et al., (2006) observaram um pequeno aumento das emissões de NO_x em alguns testes realizados com biodiesel comparado às emissões aferidas nos testes realizados com diesel fóssil. BARNWAL & SHARMA (2005) analisaram a emissão de gases poluentes pelas combustões de biodiesel e de óleo diesel de petróleo, obtendo resultados

favoráveis ao biocombustível. Concluíram que o SO

2

é totalmente eliminado, a fuligem diminui em 60%, o monóxido de carbono e os hidrocarbonetos diminuem em 50%, os hidrocarbonetos poliaromáticos são reduzidos em mais de 70% e os gases aromáticos diminuem em 15%.

Estudos ecotoxicológicos sobre diesel e biodiesel em solos gaseificados conduzidos por LAPINSKIENE et al., (2006) revelaram que as análises de toxicidade, indicadas pela intensidade de respiração e atividade de desidrogenases do solo, mostraram que o combustível biodiesel não é tóxico até a concentração de 12% (v/v) e que o diesel exibe propriedades tóxicas em concentrações acima de 3% (v/v). O estudo revelou também que o nível de biodegradação completa para o diesel foi de 61% enquanto que para o biodiesel foi de 80%, e conclui que o diesel contém mais materiais que são resistentes à oxidação microbológica e utilizados para a produção de húmus, enquanto que o biodiesel contém materiais que são facilmente acessível como fonte de energia e melhor biotransformados.

Em um estudo realizado em 1988 pelos Departamentos de Agricultura (USDA) e de Energia (USDE) dos estados Unidos sobre a emissão de gás carbônico (CO₂) pelo biodiesel produzido a partir de soja, desde a produção agrícola até a queima pelo motor, e do diesel de petróleo, da extração à combustão, as emissões de CO

2

pelo B20 e pelo B100 foram, respectivamente, 15,7% e 78,5% menor, que as do óleo diesel derivado de petróleo. Entretanto, esse mesmo estudo concluiu que a emissão de alguns gases é maior durante a combustão do biodiesel, com o a de óxidos de nitrogênio (NO e NO

2

), cuja soma aumenta em 2,6% na mistura B20 e em 13,3% no B100, e a de ácido clorídrico (HCl), que aumenta em 2,8%no B20 e em 13,6% no B100.

A toxicidade de um composto para o solo depende das características de cada tipo de solo, e de sua concentração e atividade sobre a biota. LAPINSKIENKË et al. (2006) avaliaram a toxicidade do biodiesel e do óleo diesel no solo em concentrações de 1 a 13% de massa do solo. Em solo contaminado com biodiesel, as atividades respiratórias dos microrganismos e das enzimas desidrogenases cresceram quando a concentração até 13%. Em solo contaminado com óleo diesel de petróleo, essas atividades aumentaram até a concentração de 3% e diminuíram em concentrações maiores, ficando abaixo da atividade do solo não contaminado (controle), determinando toxicidade do óleo diesel quando em concentração maior que 3%.

A eficiência energética do biodiesel foi estudada por PIMENTEL & PATZEK (2005). Estes autores somaram a energia de todos os insumos utilizados na produção de grãos de soja e de girassol para a produção de 1.500 Kg de grãos de girassol, foram gastos 6, 119 Gcal, com a maior parcela presente no adubo nitrogenado (1,76 Gcal). Sabendo que a cultivar utilizada contém 26% de óleo, são necessários 3920 Kg de grãos, que fornecem 15,99 Gcal, para a obtenção de 100 kg de óleo. Somados os processos de extração de óleo, são gastos 19,599 Gcal para a extração de 1.000 Kg de óleo de girassol. Assim, o processo de produção de biodiesel a partir de grãos de girassol tem uma perda de 54% de energia. Nesse mesmo

estudo, o biodiesel produzido a partir de grãos de soja apresentou perda energética menor (21%). Para a produção de 2.668 Kg de grãos, foi necessário um gasto de 3,746 Gcal, em que apenas 0,06 Gcal são de adubo nitrogenado. Com um conteúdo de 18% de óleo nos grãos, são necessários 5.556 Kg de grãos, que fornecem 7,8 Gcal. Adicionada a energia necessária para a extração do óleo, são gastos 11,409 Gcal para a obtenção de 1.000 Kg de biodiesel, que fornecem 9 Gcal. A perda de energia neste processo é, portanto, de 21%.

A eficiência energética do biodiesel depende de fatores como gasto energético na produção e o teor de óleo nos grãos utilizados. Vários autores (FRDERIKSSON et al., 2006; JANULIS, 2004; POWLSON et al., 2005) vêm estudando o balanço energético de biocombustíveis, como etanol e biodiesel, tendo encontrado resultados variáveis para processos que utilizam a mesma matéria-prima. Nos estudos realizados pelo USDA e pelo USDE (1998), foi verificada uma perda de 19,45% para o biodiesel produzido a partir de grãos de soja. O sistema agrícola adotado, com maior ou menor número de operações de preparo do solo mostrou-se fundamental para o balanço energético favorável. Além disso, o balanço energético depende dos fatores considerados pelos autores, que pode somar a energia do biocombustível à energia contida em subprodutos, como o farelo de soja, que diminui as perdas do processo. A mão-de-obra, muitas vezes, é um fator desconsiderado no gasto energético.

5 - FONTES VEGETAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

A espécie vegetal utilizada para a produção de biodiesel é escolhida de acordo com sua disponibilidade em cada região ou país. Qualquer fonte de ácidos graxos pode ser usada para a produção, mas a maioria dos artigos científicos relata a soja como a fonte principal. Como os preços dos óleos vegetais comestíveis são mais elevados que o óleo diesel, óleos e resíduos vegetais de óleos vegetais brutos são preferidos como potenciais fontes de biodiesel com preços mais baixos. As características destes são comparáveis em sua composição e emissões de gases, e também apresentam desempenho semelhante ao biodiesel de soja no emprego de motores, além de serem mais econômicos (PINTO et al., 2005).

As práticas agrícolas adotadas no cultivo das espécies utilizadas como matéria-prima para a produção de biodiesel são aspectos determinantes da eficiência econômica e energética do processo. Devido à diversidade climática e à grande extensão territorial, dez culturas são indicadas para a produção de biodiesel. A tabela 3 lista as espécies consideradas potenciais pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e o potencial produtivo de cada uma. As espécies com maior potencial são o dendê e o coco, que possuem a vantagem de serem culturas perenes e com colheita contínua durante o ano. Isso diminui os dispêndios energéticos e financeiros para a produção dessas espécies e evita a sazonalidade do fornecimento de matéria-prima, um bônus imenso com relação aos cultivos aos cultivos anuais.

A adoção de práticas de manejo adequadas, a escolha de cultivares, época de semeadura e adoção dos sistemas de rotação de culturas podem diminuir a desvantagem das culturas anuais. Nas décadas de 80 e 90, a cultura do girassol foi amplamente estudada como alternativa para a produção de óleo comestível e para a alimentação animal no Estado do Rio Grande do Sul, tendo havido expansão da área de cultivo. Diversos estudos foram conduzidos (SILVA, 1981; SILVA, 1985; SILVA, 1988; SILVA et al., 1992; SILVA & ROCHA, 1994; SILVA &

ALMEIDA, 1994; SILVA et al., 1995; SILVA et al., 1997), sendo obtidos resultados que comprovam a aptidão do Estado para a produção de girassol e a integração da cultura em sistemas de rotação com milho, soja e cereais de inverno. SILVA & MUNDSTOK (1988) revelaram que o teor de óleo em grãos de cultivares de girassol varia de 38 a 47%. Em experimento com diferentes épocas de semeadura, foi observado que em uma mesma cultivar pode variar o teor de óleo de 36 a 42%, diminuindo com o atraso da época de semeadura de agosto-setembro para dezembro. Dessa forma, a época mais favorável a semeadura do girassol para o agricultor que deseja produzir biodiesel é nos meses de agosto e setembro. Com ciclo curto, de aproximadamente 100 dias, é uma ótima alternativa ao sistema de rotação de culturas, possibilitando a semeadura do milho ou soja após sua colheita. É também uma boa opção para regiões com déficit hídrico em razão de sua tolerância. No entanto, em razão de problemas de comercialização, a área de cultivo diminuiu e a pesquisa desestimulada.

Mais recentemente, a canola surgiu como uma alternativa de inverno para o Estado, onde atualmente apenas a aveia e o trigo têm expressão comercial. A quebra da sucessão de gramíneas de inverno com espécies de outras famílias propicia melhor controle de pragas, doenças e plantas daninhas no sistema de produção. De ciclo curto, aproximadamente 100 dias, pode ser semeada no mês de maio, permitindo a semeadura de milho e soja em sucessão.

Apesar de trazer benefícios ao sistema agrícola, as produções de canola e girassol como matéria-prima para a produção de biodiesel podem ser consideradas incoerentes por utilizarem óleos nobres, que são ricos em graxos poliinsaturados e benéficos à saúde humana. O óleo de rícino, extraído da mamona, a princípio, apresentou-se como uma boa opção à produção de biocombustíveis por não ser adequado ao consumo humano. A rusticidade da espécie, associada à tolerância ao déficit hídrico candidataram-na como matéria-prima para a produção de biodiesel. Mas o florescimento dessincronizado, alta deiscência dos frutos associado à alta viscosidade do óleo revelaram que esta espécie não é a mais adequada para utilização no processo. Com o intuito de viabilizar a utilização do biodiesel de mamona, propõe-se a mistura com ésteres de outras oleaginosas, de viscosidade inferior (COSTA NETO et al., 2000). O não aproveitamento da mamona para outros fins também pode ser visto como uma desvantagem, considerando que o produtor fica dependente apenas do mercado do biodiesel. Nesse aspecto, a ampla utilização da soja a torna uma opção segura ao produtor, pois a comercialização dos grãos não fica na dependência do sucesso do biodiesel. Apresenta ainda a vantagem de uma espécie fixadora de nitrogênio, o que favorece o balanço energético.

O pinhão-mansão (*Jatropha curcas*) é uma oleaginosa que apresenta múltiplas aplicações e um grande potencial para a produção de bioenergia. Dentre os caracteres agrônômicos e comerciais que têm atraído a atenção mundial para seu cultivo, pode-se sumarizar como mais importantes: (i) tolerância a estresses abióticos (seca); (ii) tolerância a estresses bióticos (resistência a pragas e doenças); (iii) elevada produtividade (AZEVEDO, 2006); (iv) cultivo e colheita de sementes; (v) composição do óleo (MARTINEZ-HERRERA et al., 2006); (vi) aplicações comerciais alternativas.

O cultivo dessas espécies pode contribuir para o desenvolvimento da agricultura em regiões de

menor disponibilidade hídrica, contribuindo também para o estímulo a pequenas agroindústrias. O aumento da área agrícola para produção de bioenergia é um aspecto polêmico, visto que o setor vem sendo acusado de degradar o ambiente e de ser emissor de gases do efeito estufa (PHILIP ROBERTSON et al., 2000). No entanto, vários autores consideram que a agricultura conservacionista, utilizando o sistema de plantio direto na palha, é uma fonte de sequestro de carbono. Dessa forma, o ônus ou o bônus da produção de biodiesel para o ambiente está na dependência das práticas agrícolas que serão adotadas nos sistemas de produção das diferentes espécies. Dessa maneira, a produção de biodiesel deve ser encarada como uma alternativa ao consumo atual de petróleo, fornecendo novas alternativas energéticas ao lado do bioetanol, gás natural. Carvão, hidroelétricas e o aproveitamento de resíduos de lavouras, como o bagaço de cana-de-açúcar e arroz.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os biocombustíveis reduzirem a dependência do consumo de combustíveis fósseis eles precisam produzir mais energia do que a necessária para produzi-los. Fazer biodiesel requer insumos energéticos para a produção, colheita, trituração, processamento do óleo e entrega aos consumidores. O biodiesel apresenta vantagens ambientais em relação ao óleo diesel; porém, o balanço energético varia conforme o sistema utilizado para o cultivo da espécie produtora de óleo. A utilização do biodiesel em motores de combustão interna revelou a redução das emissões de material particulado, monóxido de carbono e hidrocarbonetos, além de contribuir com a menor emissão de gases tóxicos. Embora as emissões de NOx tenham apresentado um ligeiro aumento, uma série de fatores incluindo o tipo de teste, o motor a ser testado, o tipo de biodiesel, mistura do biodiesel e o tipo de óleo diesel base parece exercer um efeito real sobre as taxas de emissões. Mais importante que o aumento de Nox de pequeno porte, é o fato de que biodiesel tem um teor mais baixo de enxofre, o que torna mais fácil o controle das emissões sensíveis ao tratamento, que pode reduzir substancialmente as emissões de NOx.

Assim, as vantagens e desvantagens que a produção de biodiesel trará ao ambiente dependem do sistema agrícola adotado. Finalmente, vale ressaltar que a produção de biocombustíveis em larga escala vislumbra-se como uma alternativa à utilização de combustíveis fósseis, com conseqüente benefícios ao meio ambiente e à saúde humana, não um substituto.

(A) Luis Cesar Maffei Sartini Paulillo – Doutor – Universidade de São Paulo (USP)
Faculdade de Tecnologia e Ciências – Biotecnologia – Av. Luis Vianna Filho, 8812, 41.741-590 – SSA –BA; lpaulillo.ssa@ftc.br ; (71) 3281-8193

Fabiano Henrique Peixinho Jatobá – Mestre em Bioenergia-FTC -, Av. Luis Vianna Filho, 8812, 41.741-590 – SSA –BA; peixinhojatoba@gmail.com ; (71) 3281-8193

Cleber André Cechinel – Doutor - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Faculdade de Tecnologia e Ciências – Síntese Orgânica - Av. Luis Vianna Filho Av. Luis Vianna Filho, 8812, 41.741-590 – SSA –BA; cleberandre@hotmail.com ; (71) 3281-8145

(B) Área Temática: Meio Ambiente

(C) Título do Artigo: BIODIESEL – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E IMPACTO AMBIENTAL

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AINSLIE, B.; DOWLATABADI, H.; ELLIS, N.; RIES, F.; ROUHANY, M.; SCHREIER; MACLEAN, H. A Review of Environmental Assessments of Biodiesel Displacing Fossil Diesel. 2006. 45p.
- AUDI, J. et al. Ricin poisoning-a comprehensive review. *Journal of the American Medical Association*, v.294, n.18, p.2342-2351, 2005.
- BARNWAL, B.K.; SHARMA, M.P. Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.9, n.4, p.368-378, 2005.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Plano Nacional de Agroenergia. Brasília, 2005. 120p.
- CARVALHO, M.E.A. Estudos para a obtenção de concentrados de proteínas da mamona desintoxicados e desalergenizados. 1978. 78f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Programa de Pós-graduação em Bioquímica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- COSTA NETO et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. *Química Nova*, v.23, n.4, p.531-537, 2000.
- ENCINAR, J.M.; GONZALEZ, J.F.; RODRÍGUES, J.J.; TEJEDOR, A. *Energy Fuels*, v.16, 443-448, 2002
- FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. Biosiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. *Química Nova*, v.28, n.1, p. 19-23, 2005.
- FREDERIKSSON, H. et al. Use on-farm produced biofuels on organic farms- Evaluation of energy balances and environmental loads for three possible fuels. *Agricultural Systems*, v.89, n.1, p.184-203, 2006.
- GOUVEIA, L.; OLIVEIRA, AC. Microalgae as a raw material for biofuels production. *J Ind Microbiol Biotechnol*. v.2009, n.2, p.269-274, 2009
- GREENE, D. L. et al. Have we run out of oil yet? Oil peaking analysis from an optimist's perspective. *Energy Policy*, v.34, n.5, p.515-531, 2006.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World oil supply and demand. 2005. Acessado em 01/09/2006. Online. Disponível: <http://omrpublic.iea.org/omrarchive/11mar05tab>.
- KINNEY, A. J.; CLEMENTE, T.E. Modifying soybean oil for enhanced performance in biodiesel blends. *Fuel Processing Technology*, v.86, n.10, p.1137-1147, 2005.
- KOUTROUBAS, S.D. et al. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*, v.11, n.3-4, p.227-237, 1999.
- JANULIS, P. Reduction of energy consumption in biodiesel fuel life cycle. *Renewable Energy*, v.29, n.6, p.861-871, 2004.
- LAPINSKIENÉ, A. et al. Eco-toxicological studies of diesel and biodiesel fuels in aerated soil. *Environmental Pollution*, v.142, n.3, p.432-437, 2006.
- MA, F.; HANNA, M.A. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology*, v.70, n.1, p.1-15, 1999
- MARTINEZ-HERRERA, J., SIDDHURAJU, P., FRANCIS, G., DAVILA-ORTIZ, G., BECKER, K. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chem.* v. 96, p.80–89. 2006

- MIAO, X.; WU, Q. Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil. *Bioresource Technology*, v.97, n.6, p.841-849, 2006.
- MONYEM, A.; VAN GERPEN, J.H. *Biomass & Bioenergy*, v.20, p.317-323, 2001.
- PHILIP ROBERTSON, G. et al. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science*, v.289, p.1922-1925, 2000.
- PIMENTEL, D.; PATZEK, T.W. Ethanol production using corn, switchgrass and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research*, v.14, n.1, p.65-76, 2005.
- PINTO, A.C.; GUARIEIRO, L. L. N.; REZENDE, M.J.C.; RIBEIRO, N. M.; TORRES, E. A.; Lopes, WA ; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. Biodiesel: An overview. v.16, n.6b, p. 1313-1330, 2005.
- POWLSON, D.S. et al. Biofuels and other approaches for decreasing fossil fuel emissions from agriculture. *Annals of Applied Biology*, v.146, n.2, p.193-201, 2005.
- SILVA, P.R.F. da. Introdução e avaliação de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) na Depressão Central. In: REUNIÃO TÉCNICA DO GIRASSOL, 1981, Porto Alegre, RS. Palestras e trabalhos técnicos... Porto Alegre: UFRGS, 1981. p.1-2.
- SILVA, P.R.F. da. Sucessão e rotação de culturas. In: UFRGS, Faculdade de Agronomia. Girassol: indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Departamento de Fitotecnia, UFRGS, 1985. p.45-46.
- SILVA, P.R.F. da. Establishment of intercropped sunflower and cassava systems at different planting dates and sequence order. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988, Novi Sad. Proceedings... Novi Sad: International Sunflowers Association, 1988. p.378.
- SILVA, P.R.F. da; MUNDSTOCK, C.M. Época de semeadura. In: _____. Girassol: indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS: 1988. p.13-17.
- SILVA, P.R.F. da et al. Avaliação do sistema de consórcio de substituição de girassol e soja com e sem dessecação química. *Turrialba*, v.42, n.2, p.113-116, 1992.
- SILVA, P.R.F. da; ROCHA, A.B. Exigências térmicas e características agrônômicas de cultivares comerciais experimentais de girassol na depressão central do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.24, n.1, p.55-58, 1994.
- SILVA, P.R.F. da; ALMEIDA, M.L. de. Resposta de girassol a densidade em duas épocas de semeadura e dois níveis de adubação. II Características de planta associadas a colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.9, p.1365-1271, 1994.
- SILVA, P.R.F. da et al. Densidade e arranjo de plantas em girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.6, p.797-810, 1995.
- SILVA, P.R.F. da et al. Manejo do solo e adubação na cultura do girassol em sucessão a aveia preta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, n.6, p.641-647, 1997.
- STEWART, W.M et. al. Phosphorus as a natural resource. In: SIMS, J.T.; SHARPLEY, A.N. *Phosphorus: agriculture and environment*, n.46, p.3-22, 2002. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE; UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles. 1998. 47p.
- ZHANG, Y. et al. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Bioresource Technology*, v.89, n.1, p.1-16, 2003.