

Agroenergia e Agricultura

Agroenergy and Agriculture

Douglas Batista Jandrey¹, Paulo Regis Ferreira da Silva², Luiz Carlos Federizzi³, Vladirene Macedo Vieira⁴, Luís Sangoi⁵

Recebido em 15/09/2009; aprovado em 19/02/2010.

RESUMO

O aquecimento global é atribuído principalmente à queima indiscriminada de petróleo que libera grandes quantidades de gases de efeito estufa na atmosfera. Isso incentivou a procura por fontes energéticas alternativas. Entre elas, destaca-se o uso de biocombustíveis como etanol e biodiesel. O objetivo desta revisão é discutir os impactos da produção desses biocombustíveis sobre a atividade rural brasileira e mundial. Além dos aspectos técnico-econômicos é importante levar em consideração os aspectos ambientais e sociais de sua produção, dentre os quais, a eficiência energética e o impacto na mitigação da emissão de gases de efeito estufa. Além disso, o sistema de monocultura em grandes extensões de terra, a exemplo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, é apontado por movimentos sociais e ambientalistas como gerador de desigualdades no campo e como um entrave à reprodução social de populações tradicionais. A produção de etanol a partir de tecidos vegetais como celulose, um dos biocombustíveis de segunda geração, tende a aumentar muito a disponibilidade de matéria-prima para a produção energética e diminuir a competição com áreas destinadas à produção de alimentos. Apesar dos avanços no processo de fermentação dos carboidratos estruturais, ainda são necessários aprimoramentos para tornar o processo competitivo

comercialmente. Enquanto isso é importante que o país aproveite seu potencial agrícola para se inserir rapidamente nesse importante mercado energético mundial.

PALAVRAS-CHAVE: biocombustíveis, etanol, biodiesel, implicações ambientais e sócio-econômicas.

SUMMARY

Global warming is attributed mainly to the indiscriminate burning of oil which releases large amounts of greenhouse gases in the atmosphere. This encouraged the search for alternative energy sources, including the use of biofuels, such as ethanol and biodiesel. The purpose of this review is to discuss the impacts of biofuel production on Brazilian and world agricultural activity. In order to analyze the feasibility of replacing oil for biofuels, in addition to the technical and economic aspects, it is important to take into account environmental and social aspects of their production. Among them, the energy efficiency and the impact on mitigating the emission of greenhouse gases are important issues to consider. Moreover, the monoculture system in large areas, such as sugar cane crop in the state São Paulo, Brazil, has been blamed by social and environmentalists movements as a generator of social inequalities. Ethanol production from cellulose plant tissue, one of the second-

¹ Engenheiro Agrônomo, MSc., Pesquisador Associado Pioneer sementes.

² Professor do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Bolsista do CNPq. Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP91540-000, Caixa Postal 15100, Porto Alegre-RS. Autor para correspondência. E-mail: paulo.silva@ufrgs.br.

³ Professor do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Bolsista do CNPq.

⁴ Engenheiro Agrônomo, acadêmico de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Bolsista do CNPq.

⁵ Engenheiro Agrônomo, PhD, Professor do Departamento de Agronomia do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina - CAV/UDESC. Av. Luiz de Camões, 2090 - CEP 88520 000 - Lages - SC. E-mail: a2ls@cav.udesc.br

generation biofuels, tends to increase the availability of raw materials to energy production and to reduce competition with areas for food production. Despite the advances in fermentation process of structural carbohydrates, improvements are still needed to make the process commercially competitive. It is important that Brazil takes its agricultural potential to quickly enter in this important global energy market.

KEY WORDS: biofuel, ethanol, biodiesel, environmental and social-economic implications.

INTRODUÇÃO

Historicamente, o desenvolvimento da sociedade humana tem-se baseado no aproveitamento de fontes energéticas primárias do tipo fóssil: carvão, petróleo e gás natural. Entretanto, o uso extensivo destas fontes causa a degradação do ecossistema mundial, pelo aquecimento global, pela redução da camada de ozônio e pela chuva ácida, os quais determinam a necessidade de desenvolvimento de outras fontes energéticas, que substituam os combustíveis fósseis.

Dentre as alternativas de energia limpas e renováveis, o uso da agroenergia é uma das mais difundidas. Agroenergia refere-se à energia vinda de fontes orgânicas de origem não fóssil, como lenha, gás natural, etanol e biodiesel, em que a biomassa produzida na fotossíntese é convertida em energia combustível. Genericamente, a definição de biocombustíveis (agroenergia) está baseada na utilização da biomassa para fins energéticos. A biomassa é a matéria vegetal que se desenvolve pela captação da energia solar através do processo de fotossíntese. Dentre os biocombustíveis utilizados estão incluídos aqueles com origem nos produtos e nos resíduos da agricultura, nos resíduos de florestas e de indústrias conexas e a fração biodegradável de resíduos industriais e urbanos (lenha, carvão vegetal, álcool etílico ou etanol e biodiesel, entre outros) e o biogás (gás metano), com origem na degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos efluentes agropecuários, da agroindústria, ou nos urbanos e ainda nos aterros de resíduos sólidos urbanos (CÁNEPA, 2004). Esse cenário abre novos horizontes ao setor agrícola brasileiro com perspectivas

de desenvolvimento e de auto-suficiência energética devido aos recursos naturais abundantes e à grande disponibilidade de terras agricultáveis. Segundo Freitas et al. (2007), a substituição de óleo diesel de petróleo por biodiesel traz uma série de vantagens como menor emissão de gases de efeito estufa e menor persistência do combustível no solo, o que diminui o potencial de poluição do combustível. Entretanto, o custo de produção atualmente é maior e o balanço energético, apesar de variar com o sistema de produção utilizado, é menos favorável em relação ao óleo diesel. Assim, essa revisão objetiva analisar os biocombustíveis que estão sendo propostos para matriz energética, em especial o etanol e o biodiesel, e discutir os possíveis impactos na atividade agrícola mundial e brasileira.

DESENVOLVIMENTO

O mercado de biocombustíveis

O biodiesel tem sido amplamente divulgado no Brasil no contexto do aumento das preocupações gerais para reduzir o aquecimento global e do potencial de produção de bioenergia. A partir de janeiro de 2006, as refinarias e as distribuidoras foram autorizadas a adicionar 2% de biodiesel ao diesel no país. Em 2008, a adição obrigatória de 3% foi instituída por lei, passando para 4% em julho de 2009 e, devendo alcançar 5% em 2013 (ANP, 2007). Além disso, há grande interesse nesse produto pelo mercado externo, que apresenta sinais de demanda aquecida. Por isso, não restam dúvidas de que, no contexto mundial da agroenergia, o biodiesel deverá ser uma excelente alternativa para o agronegócio brasileiro, pois o país tem muita terra, radiação solar e água, que são as condições básicas para a produção de matérias-primas a partir das quais se pode fabricá-lo.

Quanto ao etanol, o Brasil encontra-se em uma posição única no mundo, contando com mais de 30 anos de experiência na tecnologia de produção e na logística de distribuição desse combustível. A cana de açúcar é uma cultura extremamente eficiente na conversão de energia. Enquanto com a tecnologia atual se produz de 500 a 1000 L ha⁻¹ de biodiesel ao ano, usando óleo de soja, com cana-de-açúcar se produz 7000 a 10000 L ha⁻¹ de etanol por ano, com opção de destinar a colheita para extração de açúcar, dependendo dos preços de mercado.

Embora a tecnologia de produção de combustíveis de biomassa esteja bem desenvolvida, algumas destas ainda apresentam custos elevados o que, apesar dos benefícios ambientais, tem restringido sua difusão pelo mundo. O etanol brasileiro enfrentou os mesmos desafios, pois na década de 80 custava três vezes o preço da gasolina. O incentivo governamental impôs a adição de 25% de álcool à gasolina, forçando a criação de um grande mercado consumidor, apoiado em subsídios governamentais, quase sempre obtidos com taxas sobre o preço da gasolina (pagas pelo consumidor). A partir dos anos 90, os subsídios foram sendo progressivamente removidos e, desde 2004, os preços tornaram-se competitivos com a gasolina no mercado internacional, sem intervenção governamental, sobretudo pelo aumento da eficiência de produção, pelos benefícios de uma produção de escala e pela co-geração de energia com a queima do bagaço de cana em "boilers" de alta pressão, que geram a energia necessária para as usinas, além de excedentes que são comercializados com as linhas de distribuição elétrica (GOLDEMBERG, 2007).

O etanol de cana-de-açúcar é mais barato que o produzido a partir de outras matérias-primas disponíveis (beterraba e milho) e é competitivo com a gasolina nos EUA, mesmo considerando a taxa de importação de US\$ 0,54 por galão e a menor eficiência energética (30% ou menos com os motores flexíveis modernos). O Brasil destina atualmente 55,4% da produção de cana-de-açúcar (348,5 milhões de toneladas) para produção de etanol, que alcançou 27,8 bilhões de litros este ano (CONAB, 2009).

A análise crítica da viabilidade de uso dos biocombustíveis demonstra que o uso do etanol proveniente de milho nos Estados Unidos da América (EUA) e da beterraba na União Européia (UE) só se viabiliza apoiado em fortes subsídios. Atualmente o biodiesel produzido no Brasil é mais caro que o diesel de petróleo devido à sua produção estar atrelada a uma *commodity* internacional (soja), cujos custos de produção representam 80% dos custos do combustível (NAPPO, 2006). A soja representa 95% do total de leguminosas cultivadas no país (CONAB, 2007). Assim, para viabilizar o Programa Brasileiro de Biodiesel nos primeiros anos, essa cultura deverá

sofrer a maior pressão de demanda, pelo menos até o mercado se consolidar e os produtores puderem investir em outras opções de cultivo mais intensivos como a palma (dendê), que produz mais de três vezes a quantidade de óleo por hectare, porém leva de quatro a cinco anos para produzir a primeira safra (URQUIAGA, 2005).

Os esforços do governo em subsidiar a produção familiar de biodiesel, com iniciativas como o projeto Combustível com Selo Social, que diminui os impostos de empresas que adquirem matéria-prima de agricultores familiares, é uma tentativa de inserir os pequenos agricultores nesse mercado. Porém, considerando que uma das principais bandeiras da diplomacia brasileira nas negociações no âmbito da Organização Mundial do Comércio (OMC) é a luta pela redução de subsídios na agricultura, isso indica que estruturar o biodiesel num modelo subsidiado parece ser um contra-senso.

Críticas a produção de etanol de milho e beterraba, tem reiterado que o etanol de cana-de-açúcar é mais competitivo, mesmo considerando os custos de transporte através do Oceano Atlântico (MANDIL, 2006). Os países desenvolvidos têm confundido a questão energética, misturando agricultura com política administrativa que é como deveria ser tratado o assunto, a exemplo do petróleo (IEA, 2006). Em artigo recente, Mathews (2007) faz uma análise da viabilidade de se fazer o que tem sido chamado "biopacto", onde a energia requerida para mudar a matriz energética dos países desenvolvidos (hemisfério norte) seria produzida pelos países em desenvolvimento (hemisfério sul), onde se dispõe de regiões tropicais e de grande disponibilidade de terra e recursos naturais. Os países em desenvolvimento estão percebendo nesse tipo de mercado, uma boa oportunidade de se industrializar, criando uma cadeia produtiva em torno dos biocombustíveis.

Atualmente, o mundo consome 84 milhões de barris de petróleo por dia, equivalente a 180 exajoule (EJ) por ano, isto é 180×10^{18} joules. Os países desenvolvidos respondem por metade desse consumo, sendo 58% do petróleo usado em transporte. A produção mundial de etanol gira em torno de 48 bilhões de litros por ano, ou 1 EJ. A Comissão Européia instituiu em 2005 a proposta de substituir em 20% os consumos de gasolina e diesel nos países

membros até 2020. Os EUA anunciaram o plano '20 em 10', em que planeja substituir o consumo de combustíveis fósseis em 20% em 10 anos. Para alcançar essas metas, os países do hemisfério norte irão requerer uma quantidade de etanol equivalente a 18 vezes a atualmente produzida no Brasil (MATHEWS, 2007).

É possível alcançar essa produção nos países desenvolvidos? Primeiro é importante ressaltar que a disponibilidade de terras é insuficiente, o custo energético é insatisfatório e os distúrbios causados no mercado de milho, principal fonte de alimento dos EUA, e de beterraba, na UE, podem ser muito significativos. Então, se os países do hemisfério norte querem realmente mudar sua matriz energética em direção aos biocombustíveis como solução para emissão dos gases de efeito estufa, é preciso uma decisão drástica que garanta seu suprimento pelos países do hemisfério sul. É preciso lembrar que se está falando de biocombustíveis de primeira geração, para os quais a disponibilidade de terras e a competição por alimentos são os principais limitantes. A segunda geração de biocombustíveis, que envolve a produção de etanol pela quebra bioquímica de lignocelulose, está em fase experimental e promete mudar a biomassa disponível ao uso, nos dois hemisférios.

Aspectos ambientais e sócio-econômicos

Na análise da viabilidade de produção de biocombustíveis é importante levar em consideração sua eficiência energética e seus impactos na mitigação da emissão de gases de efeito estufa. O balanço energético do etanol de cana-de-açúcar é de 1:8, ou seja, gasta-se uma unidade de energia fóssil para se produzir oito unidades equivalentes de energia. O etanol de milho produzido nos EUA apresenta balanço bem menor (1:1,25), devido ao maior dispêndio de energia usada no seu cultivo e à maior energia gasta no processo de conversão de amido dos grãos em álcool.

Em estudo recente (HILL et al., 2006), compararam do ponto de vista energético e ambiental, as produções de biodiesel de soja e de etanol de milho. A produção de biodiesel de soja apresenta balanço energético de 1:1,95, bem acima da alcançada com o etanol de milho. Além disso, usa apenas 1% do N,

8,3% do P e 13% dos herbicidas utilizados na produção de etanol por unidade de energia gerada, quando comparado com o milho. A queima de biocombustíveis apresenta ainda a vantagem de reduzir a emissão de material particulado, de enxofre e de monóxido de carbono. Contudo, o CO₂ emitido pela queima de combustíveis fósseis não é o único gás relevante para o efeito estufa. A fertilização nitrogenada e a incorporação de palha ao solo causam liberação de N₂O mediada pelos microorganismos do solo, sendo esse gás muito mais reativo em comparação com o CO₂. Nessa análise, os autores afirmam que, por causa da baixa produtividade energética líquida, o etanol de milho libera na atmosfera o equivalente a 88% dos gases de efeito estufa que seriam liberados com a queima de gasolina e o biodiesel libera 59% em comparação à queima de óleo diesel de petróleo (HILL et al., 2006).

Do ponto de vista ambiental, a manutenção de florestas tem impacto muito mais significativo que a utilização de qualquer espécie para produção de biocombustível (RIGHELATO, 2007). A maioria dos estudos sobre impactos ambientais da geração e do uso da agroenergia não leva em consideração a mudança no uso da terra para esse fim. Nesse estudo, analisou-se a quantidade de CO₂ emitida ou imobilizada, comparando a produção de diferentes biocombustíveis por hectare em comparação a áreas de floresta. Os resultados evidenciaram que, em todos os casos, as áreas de floresta emitem de duas a nove vezes menos CO₂ por hectare que o cultivo de qualquer espécie usada na produção de biocombustíveis para um período de 30 anos.

Outra limitação discutida sobre o uso de biocombustíveis é a competição que a sua produção teria com a produção alimentar. A questão é até que ponto se pode expandir as áreas com cultivos com fins energéticos sem impactar a produção de alimentos. Atualmente há competição de uso de palma (na Indonésia) e de soja (no Brasil), mas o mercado tem agido de forma a restringi-la. Assim que os preços dessas matérias-primas alimentares sobem, elas se tornam menos atrativas para extração de biodiesel. O poder de escolha dos mercados consumidores pode atuar como regulador dessa produção, restringindo a compra de biodiesel de fontes alimentares (mais suscetíveis à inflação) e forçando

um novo posicionamento dos países produtores.

O maior problema está na produção de etanol de milho nos EUA. Essa produção já tem causado grande aumento de preço no mercado mundial, nas indústrias relacionadas com esse mercado e na produção animal, altamente dependente desse insumo. Em 2007, houve redução de 3,2 milhões de hectares de soja e de 1,2 milhões de hectares das áreas de algodão pelo aumento das áreas destinadas ao cultivo de milho (WESTCOTT, 2007). O mercado já registra os impactos dessa demanda por grãos. No início de 2008, a soja alcançou preço recorde na bolsa de Chicago e a indústria de rações teme a possibilidade de falta de milho também no Brasil.

A produção de óleo de soja para uso energético no Brasil é insuficiente em alguns estados brasileiros como nos casos de São Paulo e Bahia, considerando o consumo de óleo doméstico, a demanda externa, as perdas no transporte e os estoques públicos, mesmo com o uso do menor nível de adição ao diesel (B2: 2% de biodiesel adicionado ao óleo diesel) (BENEDETTI et al., 2007). Por outro lado, alguns estados apresentam condições de serem fornecedores dessa matéria-prima, como Mato Grosso do Sul, Paraná e Rio Grande do Sul, que apresentam o potencial de produzir para formular a mistura B10 sem depender de fornecimento externo com a atual produção de soja, considerando a atual produtividade e a estrutura de uso do solo.

O principal obstáculo para implantação de um mercado mundial de biocombustíveis são as barreiras comerciais criadas pelos países desenvolvidos (EUA e países da União Européia), que visam proteger sua produção local (duas a três vezes mais cara). Um aspecto chave é a reclassificação pela Organização Mundial de Comércio do etanol e do biodiesel como combustíveis ao invés de alimentos. Tratados como alimentos, esses produtos recaem na cultura de subsídios e na proteção da produção local. Seria importante, ainda, instituir padrões rígidos de qualidade para assegurar uniformidade da produção mundial de biocombustíveis.

Quanto ao uso da terra, práticas agrícolas que conduzam à monocultura em grandes extensões de terra têm sido apontadas por movimentos sociais e ambientalistas como geradoras de desigualdades no campo e como um entrave à reprodução social de

populações tradicionais. A ausência de um ordenamento jurídico eficaz da estrutura fundiária brasileira, capaz de regular e limitar os usos das propriedades, associado à disponibilidade de mão-de-obra barata, têm contribuído para expansão das monoculturas. Impactos sobre a agricultura familiar e mudanças no padrão de produção agrícola têm sido verificadas em regiões do estado de São Paulo que se especializaram na produção de cana-de-açúcar (GUEDES et al., 2006).

Na região Sudeste do país, onde se concentra a área de expansão da indústria canavieira, é possível verificar a redução de outros cultivos e uma reconfiguração do espaço rural. Quartaroli (2005) analisou as alterações no uso do solo da região nordeste do Estado de São Paulo provocadas pela expansão da produção de cana-de-açúcar entre os anos 1988 e 2003. Nessa região, que compreende 125 municípios e 51.725 km², a cana-de-açúcar ocupava em 1988 10.857 km², equivalentes a 21% da área analisada. Esta ocupação aumentou para 22.935 km² (44% da área analisada) em 2003. A expansão da cana-de-açúcar nessa região se deu por meio da substituição de áreas antigamente ocupadas, principalmente, a) por culturas anuais, que cederam nesse período 5.964 km² para a cana-de-açúcar, b) pastos, que cederam 4.748 km² e c) pela fruticultura que cedeu 1.577 km² de área para a cana-de-açúcar. Quartaroli (2005) observa também que, da área plantada com cana-de-açúcar em 1988, 9.897 km² (91% do total) permaneceu com a mesma cultura em 2003, sendo que a área total de expansão da cana-de-açúcar entre 1988 e 2003 foi de 13.038 km² (25,5% da área total analisada).

Biocombustíveis de segunda geração

Todo o cenário discutido anteriormente tende a mudar à medida que novas tecnologias são desenvolvidas. O próximo passo da produção bioenergética já está acontecendo, atualmente ainda na fase de desenvolvimento, com os chamados biocombustíveis de segunda geração. A produção de etanol a partir de tecidos vegetais como celulose tende a aumentar muito a disponibilidade de matéria-prima para a produção energética e diminuir a competição com a produção de alimentos. Os atuais desafios são integrar tratos culturais, focados no aumento do

rendimento com a mudança da composição da biomassa, e direcionar as pesquisas para um sistema de produção integrado focado na produção de biomateriais e energia. O desafio de se atender a demanda energética é integrar conhecimentos agrônômicos tradicionais com as ferramentas genômicas disponíveis. Como exemplo, pode-se citar a co-regulação que existe entre as sínteses de lignina e celulose. Ao se reprimir um único gene que expressa lignina, (*4-CL*) há redução do teor de lignina e aumento do conteúdo de celulose, sendo que esse efeito pode ser aumentado pela co-transformação de múltiplos genes (DAVISON et al., 2006).

Converter celulose em etanol é muito mais complicado do que produzi-lo a partir de açúcares mais simples, como sacarose de cana ou amido de milho. O amido é facilmente desdobrado por enzimas, já os resíduos agrícolas e os materiais de origem florestal são bem mais complexos. Tecidos estruturais vegetais são formados por três constituintes principais: celulose, polímero de glicose (um açúcar de seis carbonos), principal constituinte da parede celular; hemicelulose que é um polímero ramificado composto de xilose e outros açúcares de quatro carbonos, e lignina que interliga os polímeros formando uma estrutura robusta (SERVICE, 2007). Para converter qualquer matéria-prima que produza açúcar em etanol, os carboidratos estruturais devem estar acessíveis. Isso é relativamente simples com cana-de-açúcar, onde a sacarose está disponível com a simples moagem dos colmos. Com o milho é um pouco mais complexo, o amido precisa ser desdobrado em moléculas de glicose via quebra enzimática. Em se tratando de resíduos agrícolas, esses devem ser quebrados para que as fibras compostas de celulose e hemicelulose possam ser transformadas em açúcares simples, capazes de serem fermentados pelos microorganismos para produção de etanol.

A atenção da pesquisa está sendo focada no processo de fermentação dos carboidratos. Isso porque, embora leveduras naturais sejam capazes de transformar glicose em etanol, não há na natureza microorganismos conhecidos capazes de produzir etanol a partir de xilose e de outros açúcares de cinco carbonos. Ao invés de álcool, são produzidos os ácidos lático e acético. Para se obter proveito desses açúcares, que somam 25% dos açúcares constituintes

das plantas, os pesquisadores devem reengenhar o trabalho dos microorganismos. Assim, pesquisadores da Universidade da Flórida inseriram um par de genes chave para conversão de açúcar na bactéria *E. coli*, fazendo-a converter de 90 a 95% dos açúcares da biomassa em etanol. O problema é que essa bactéria tolera apenas a concentração de 4% de etanol na solução de fermentação. Isso diminui muito o rendimento do processo, pois o etanol precisa ser destilado da solução, processo que requer muita energia. Assim, o desenvolvimento de organismos capazes de tolerar maior concentração de etanol é importante para aumentar a eficiência do processo (SERVICE, 2007).

Apesar dos avanços, ainda são necessários muitos aprimoramentos para tornar o processo competitivo comercialmente. Um exemplo é que as leveduras são capazes de converter um tanque de glicose em etanol em apenas algumas horas, porém para converter a mesma quantidade de açúcares mais complexos são necessários de um a dois dias. Por isso, tem-se procurado incrementar a expressão de enzimas fermentativas, como forma de acelerar o processo.

O pré-tratamento da biomassa vegetal também é um processo que está sendo pesquisado. Tradicionalmente, o tratamento é feito com ácidos fracos e vapor e resulta em uma sopa que pode ser exposta a enzimas celulasas e hemicelulasas, desdobrando-os em açúcares simples, capazes de serem fermentados pelos microorganismos. No entanto, esse processo tem uma série de inconvenientes. O ácido reage com os açúcares da solução, diminuindo em até 10% o volume total a ser fermentado. Além disso, subprodutos do ácido inibem a ação enzimática, diminuindo a eficiência do processo. Uma terceira desvantagem é que os ácidos não podem ser processados e reaproveitados, gerando custo extra (SERVICE, 2007). Uma técnica alternativa é ao invés de ácidos, utilizar substâncias básicas como a amônia, sob temperatura ambiente. O uso da amônia cria menos inibidores enzimáticos, podendo ser recuperada e usada novamente no processo. Essa técnica reduz os custos em US\$ 0,40 centavos por galão, porém não é eficiente para resíduos ricos em lignina, como os restos florestais. Muito ainda deve ser feito para aprimoramento do

processo e, à medida que surgem inovações tecnológicas, os custos de produção caem e a tecnologia se torna mais competitiva.

CONCLUSÕES

Enquanto as novas tecnologias não forem competitivas economicamente, os biocombustíveis serão produzidos com as atuais matérias-primas, apresentando suas vantagens e desvantagens, cenário que deve durar, pelo menos, por mais dez anos. Diversos são os desafios para monitoramento dos aspectos relacionados ao desenvolvimento da produção de biocombustíveis no Brasil. Nesse período, é importante que o país aproveite seu potencial agrícola para se inserir rapidamente nesse importante mercado energético mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANP. AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=9789&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1258911713888>. Acesso em 20 out. 2007.
- BENEDETTI, O. I. S.; RATHAMN, R.; PADULA, A. D. Usage competition between oilseeds and biofuels: impact assessment on the Brazilian Food Production. In: ANNUAL WORLD FOOD AND AGRIBUSINESS FORUM AND SYMPOSIUM - IFAMA, 17., Parma, 2007.
- CÁNEPA, D. L. **Alternativas de constituição da cadeia produtiva do biodiesel na perspectiva dos centros de P&D**. 2004. 107 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios)- Programa de Pós-graduação em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-Açúcar Primeiro Levantamento Safra 2006/07**. CONAB, 2006. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 27 ago. 2007.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-Açúcar Segundo Levantamento Safra 2009**. CONAB, 2009. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 27 nov. 2009.
- DAVISON, B. H. et al. Measuring the efficiency of biomass energy. **Science**, Washington, v.312, p.1744-1745, 2006.
- FREITAS, T.; SILVA, P. R. F. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.843-851, 2008.
- GOLDEMBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. **Science**. Washington, v.315, p.808-810, 2007.
- GUEDES, S. N. R. Mercado de terra e de trabalho na (Re)estruturação da categoria social dos fornecedores de cana de Ribeirão Preto. In: **AGRIC/SP**. São Paulo, v. 53, n.1, p. 107-122, 2006.
- HILL, J. et al. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.103, p.11206-11210, 2006.
- IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Disponível em: <http://biopact.com/2006/10/iea-chief-europe-and-united-states.html>. Acesso em: 23 out. 2007.
- MANDIL, C., 2006. Energy conservation in the transport sector. Presented at 8th Arab Energy Conference, Amman, Jordan. Disponível em: http://www.oapecong.org/aeconf_papers/eightconf/Claude%20Mandil.doc
- MATHEWS, J. A. Biofuels: what a biopact between north and south could achieve. **Energy Policy**, Oxon, v.35, p.3550-3570, 2007.
- NAPPO, M. Biodiesel no Brasil. A visão da indústria de óleos vegetais. In: FÓRUM DE DEBATES SOBRE A QUALIDADE E USO DE COMBUSTÍVEIS - IBP, 6., 2006. Disponível em: <http://www.abiove.com.br>. Acesso em: 19 set. 2007.
- QUARTAROLI, C. F. et al. Análise da dinâmica espacial da cana-de-açúcar na região nordeste do estado de São Paulo (1988 e 2003). **Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2005. Disponível em: http://www.nipeunicamp.org.br/proalcool/resul_trbs.php?cod=173. Acesso em: 20 out. 2007.
- RIGHELATO, R.; SPRACKLEN, D. V. Carbon mitigation by biofuels or by saving and restoring forests? **Science**, Washington, v.317, p.902, 2007.
- SERVICE, R. F. Biofuel researchers prepare to reap a new harvest. **Science**, Washington, v.315, p.1488-1491, 2007.

URQUIAGA, J.; ALVES, J. R. A.; BOODEY, R. M. Produção de biocombustíveis: a questão do balanço energético. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v.1, p. 42-46, 2005.

WESTCOTT, P. C. Ethanol expansion in the united states: how will the agricultural sector adjust? **Economic Research Service/USDA**. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications/fds/2007/05may/fds07d01/>. Acesso em 30 out. 2007.