

Isaias de Carvalho Macedo¹
Luiz Augusto Horta Nogueira²

Este trabalho traz um resumo de análises realizadas sobre as perspectivas de dois biocombustíveis no Brasil: o biodiesel e a expansão da produção de etanol para o mercado interno e de exportação. Foi realizado em 2004 para o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), e utilizou consultas a um grande número de especialistas no país e exterior. Os resultados completos estão no Caderno NAE 02-2004, “Biocombustíveis”, janeiro 2005, Brasília (1).

I. AVALIAÇÃO DO BIODIESEL NO BRASIL

1. O BIODIESEL NO MUNDO

Biodiesel pode ser produzido de várias matérias-primas, sendo usado puro ou em mistura com o diesel mineral. A transesterificação com metanol é hoje o principal processo, para uso em mistura com o diesel (sem modificação de motores). A diversidade de matérias-primas, processos e usos exige que cada caso precise ser analisado separadamente.

O maior programa no mundo ocorre na União Européia (capacidade instalada de 2,5 – 2,7 M t, em 2003) e a substituição de 2% do diesel usado para transportes em 2005; 5,75% em 2010, e 20% em 2020. Usando principalmente a colza, os custos são cerca de duas vezes superiores aos do

¹ Isaias Macedo. Doutor em Engenharia Mecânica e Ciências Térmicas, pesquisador associado no Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Nipe) da Unicamp. Consultor nas áreas de energia, biomassa e novos produtos; assessora o CGEE na área de energia.

² Luiz Augusto Horta Nogueira. Doutor em Engenharia Térmica e Fluidos, atuando em co-geração e bioenergias. Professor-titular do Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá.

diesel mineral. Para a meta de 2010 os subsídios seriam de cerca de 2,5 bilhões Euros/ano. Considerações sobre esse programa (2):

- O biodiesel é tecnicamente viável, melhora o diesel, reduz poluentes locais e gases de efeito estufa; apresenta balanço energético positivo. Seu custo atual exigiria considerar as externalidades positivas (ambientais, sociais e econômicas) para viabilização econômica. Não se prevê reduções no custo na Europa, por tratar-se de processos “maduros” e eficientes.
- As áreas envolvidas são muito grandes: 5,5 M ha, na União Européia (UE), para atingir 3,2% a 4 % de biodiesel no diesel mineral.

O programa americano, terceiro maior no mundo, utiliza principalmente soja complementada com óleos de fritura usados. Em 2002, atingiu 50 milhões de litros usados em mistura (20%) no diesel. A capacidade hoje é de 200 mil toneladas anuais (1). Somente a renúncia fiscal não permitiria viabilizar o biodiesel nos EUA; adicionalmente há incentivos diretos à produção e obrigatoriedade de uso em alguns casos (3).

A China, a partir de colza e óleo de fritura, tem hoje uma produção intermediária entre a UE e os EUA (4). Há iniciativas para a produção em escala comercial em diversos outros países (na Itália e Espanha são importantes), com experiências bem ou mal-sucedidas (5).

2. ASPECTOS TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS

Embora o processo predominante seja a transesterificação em meio alcalino, há diversos programas de desenvolvimento tecnológico em andamento principalmente na Europa (6) e Estados Unidos (7). Os processos utilizam transesterificação (alcalina, ácida, enzimática; com etanol ou metanol) ou craqueamento. A transesterificação alcalina é a rota mais usada hoje; o uso do etanol é mais complexo que o do metanol. O desenvolvimento é analisado no relatório completo (1).

O balanço energético para o ciclo de vida, (soja e colza; nas condições européias e americanas) indica relações produção/consumo de energia sempre entre 2 e 31 (2). Há poucos estudos (8, 9) para o Brasil; indicaram para o biodiesel de soja uma relação de ~1,42. Para o dendê e a macaúba há valores (10) de 5,63 e 4,20.

A especificação do biodiesel é essencial para que misturas com teores até 20% possam ser empregadas em motores convencionais, sem qualquer ajuste. A estabilidade à oxidação e o índice de cetano são parâmetros importantes do biodiesel. A especificação preliminar da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para misturas até 20% (B20) é adequada; em 2003/04 foram planejados programas de testes com fabricantes de motores e autopeças, ainda não iniciados, que poderão resolver dúvidas e melhorar as especificações (1, 11).

O biodiesel promove uma redução das principais emissões associadas ao diesel (PM, CO e HC caindo de 15 a 20% com o B20), com a exceção dos óxidos de nitrogênio (NOx) onde se nota aumento de 2% a 4% para B20. Os óxidos de enxofre são reduzidos na proporção da mistura.

As emissões de gases de efeito estufa nas condições européias, (colza e soja como matérias-primas) como B100, indicam reduções de 40% a 60% das emissões correspondentes ao diesel puro (1). A otimização dos processos (condições de rotação de culturas, uso de fertilizantes e uso ou não da glicerina) tem levado a números melhores (19).

3. HISTÓRICO DO USO ENERGÉTICO DE ÓLEOS VEGETAIS NO BRASIL

Ao longo das últimas décadas no país, recorrentemente os óleos vegetais foram propostos como vetores energéticos; em programas de 1950; no Pro-óleo, de 1980; e no Programa Oveg, de 1980. Obstáculos não superados, principalmente custos, impediram sua viabilização. Mais recentemente, o MCT criou a Rede de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Probiodiesel, reunindo instituições atuantes ou interessadas no tema. Essas tentativas trazem lições e apontam caminhos; uma descrição detalhada pode ser vista no relatório completo, Nota 2 (1).

4. MERCADOS PARA BIODIESEL NO BRASIL

A demanda de óleo diesel no Brasil, em 2002, foi de 39,2 milhões de metros cúbicos, dos quais 76% foram consumidos no setor de transporte, 16% no setor agropecuário e 5% para geração de energia elétrica nos sistemas isolados. No setor de transporte, 97% da demanda ocorre no modal rodoviário. O diesel metropolitano, com 0,20% de enxofre, responde por cerca de 30%

do mercado (11). Como exemplos, podem ser inicialmente considerados os seguintes mercados:

1. Uso de B5 no diesel metropolitano: 0,45 Mm³.
2. Uso de B5 no diesel consumido no setor agropecuário: 0,31 Mm³.
3. Uso de B5 para geração nos sistemas isolados: 0,10 Mm³.
4. Uso de B5 em todo o mercado de diesel: 2,00 Mm³.
5. Matérias-primas para biodiesel no Brasil.

A Embrapa (12), considerando os cultivos e as aptidões regionais, relaciona a soja para as Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, a mamona para o Nordeste e o dendê para a região Amazônica. Girassol, amendoim e outros também têm sido considerados. Igualmente, as palmáceas tropicais são sempre mencionadas como viáveis e potenciais produtores de biodiesel (ver o relatório completo, Nota 4) (1).

A necessidade de áreas, nas diversas regiões do Brasil, para suprir 5% do diesel (B5) com oleaginosas locais, de acordo com o zoneamento da Embrapa (12, 1), 2 seria de cerca de 2,9 M ha. Para comparação, a área de expansão possível para grãos é avaliada nos cerrados em cerca de 90 M ha; e as áreas aptas para dendê atingem, na Amazônia, cerca de 70 M ha, dos quais cerca de 40% com alta aptidão. A mamona teve seu zoneamento para o Nordeste concluído recentemente, sendo determinada sua aptidão em mais de 450 municípios.

A mamona tem sido cultivada no Nordeste do Brasil principalmente em condições de sequeiro. A produção nacional chegou a 150 mil t de bagas em 1990 (100 mil t em 2002, em 130 mil ha, na maioria em unidades com menos de 15 ha). O teor de óleo é de cerca de 48%; há grandes oscilações de plantio e produção.

Há apenas duas variedades em uso comercial, BRS 149 e BRS 188, e suas limitações orientam o zoneamento da cultura no Nordeste; é essencial ampliar a oferta para garantir um programa de porte adequado no futuro. A Índia tinha uma área plantada de 0,69 M ha, com produção de óleo de 0,84 M t, em 2002 (14). Um programa da Embrapa foi planejado para desenvolver tanto variedades como híbridos comerciais; o Banco de Germoplasma da

Embrapa possui cerca de 400 amostras. O programa de produção de híbridos simples encontra-se em estágio muito preliminar de desenvolvimento. Embora fosse possível oferecer um volume considerável de sementes ao produtor em um período de 2-3 anos (com suporte adequado à Embrapa), a expansão da cultura centrada em um número muito reduzido de variedades implica em grande risco para o programa.

A soja ocupa no Brasil pouco mais de 20 M ha, com cerca de 100 M ha aptos à expansão. O teor do óleo é de 18 a 20% do peso dos grãos. Em 2003, para a produção de 52 M t soja, com produtividade de 2,8 t/ha, a parcela convertida em óleo resultou em 5,4 M t. A utilização de B5 em todo o diesel no Brasil, se baseada em soja apenas, utilizaria cerca de 9 M t grãos em 3 M ha para 1,8 M m³ de óleo. Resultaria também em 7,2 M t torta (13). Não parece haver limitações importantes para a expansão da soja nos próximos 20 anos; deve-se buscar continuar na liderança da geração de tecnologia.

A oferta de cultivares tem suportado o crescimento da produtividade ao longo dos últimos 30 anos, a uma taxa geométrica anual superior a 1%. Seria possível buscar cultivares com maior teor de óleo e com perfil de ácidos graxos mais adequados ao uso como substrato energético (15).

Em 2002, a produção mundial de óleo de dendê atingiu 25,4 M t, cinco vezes maior que a de 1980; o óleo de dendê deve ultrapassar o de soja no final da década. O Brasil produz somente cerca de 0,5% do total mundial, embora tenha o maior potencial de áreas com aptidão agrícola do mundo. Como referência, o primeiro produtor, a Malásia, usa 3,3 M ha para produzir 11,2 M t óleo. O Brasil, com cerca de 0,05 M ha, produz 0,10 M t óleo. O dendê, independente de programas para biocombustíveis, deve merecer atenção especial ao se planejar o desenvolvimento na Amazônia.

A tecnologia brasileira no manejo agrícola é muito respeitada; o custo médio de produção no Brasil é maior que o dos maiores produtores do mundo em função de diferenças nas taxas de produtos e serviços. Na comparação dos custos sem taxas somos extremamente competitivos. A Embrapa Manaus tem produzido variedades de alta produtividade, nada deixando a desejar em relação às sementes importadas (20). Será necessário redimensionar os recursos da Embrapa para ampliar as pesquisas e promover uma expansão rápida da cultura no Brasil.

5. ASPECTOS ECONÔMICOS

5.1. O CUSTO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL E OS CUSTOS DE OPORTUNIDADE DOS ÓLEOS VEGETAIS

Não se deve esperar que o biodiesel de mamona ou de outra fonte seja competitivo com o diesel mineral (com base no petróleo, a US\$ 25/barril). É preciso conhecer muito bem os custos atuais e esperados no futuro, para dimensionar corretamente os níveis de subsídios envolvidos e decidir sobre sua adequação, ou considerar alternativas. As estimativas de custo devem considerar os dois combustíveis sem impostos; e devem, no caso do biodiesel, incluir todos os custos da produção agrícola e industrial (também os custos do capital, custos da terra e, se for o caso, o custo dos assentamentos e suas benfeitorias).

Em geral, o custo do óleo vegetal corresponde à cerca de 85% do custo do biodiesel, quando esse é produzido em plantas de alta capacidade.

No caso da mamona, há uma grande variação de conceitos nos cálculos que temos encontrado. Para o biodiesel de soja, tem-se indicado valores marginalmente factíveis ao comparar custos do biodiesel, sem tributos, com preços com tributos do derivado de petróleo. Também é freqüente se usar o custo de oportunidade do óleo vegetal, valor no mercado, para outros fins, (não seu custo de produção) como sendo o custo do insumo. Todos esses procedimentos têm sentido, dependendo de óticas específicas; mas devem ser usados corretamente. Destacamos algumas das avaliações disponíveis para verificar os valores relativos e as magnitudes esperadas de subsídios, diretos e/ou por renúncia fiscal.

5.1.1 Mamona

No momento, tem-se considerado a produção de mamona no Nordeste evoluindo de unidades familiares muito pequenas para assentamentos ou unidades “cooperativas”, onde existe um suporte comum de sementes, insumos e comercialização. O custo de produção da mamona nesse sistema (sem considerar o custo da infra-estrutura, inclusive da terra) leva a um custo de biodiesel de R\$ 1,33/ l (US\$ 0,47/ l) com R\$ 0,50/ kg bagas e na faixa de US\$ 0,43/ l a US\$ 0,57/ l, para custos de bagas entre R\$ 0,45 e R\$ 0,60/ kg. Assume-se que 25% do custo final corresponde ao esmagamento, transporte e produção do biodiesel.

O óleo de mamona é muito utilizado no mundo (~800 mil toneladas por ano), com preços entre US\$ 0,90/ kg (1996) e US\$ 1,03/ kg em 2002 (21). O óleo processado atingia pelo menos 50% a mais. Portanto, o valor alternativo do óleo é quatro vezes maior que o custo do diesel mineral e é praticamente o dobro do custo de produção estimado do biodiesel.

5.1.2 Soja

Os custos de produção da soja, variável mais fixo, estão atualmente entre US\$ 8 e 10 por saca (15). Custos históricos de produção são de US\$ 150 – US\$ 250/t. É difícil fazer projeções de custos futuros, destacando a influência da taxa de câmbio no custo de insumos. No processamento para óleo, a soja produz o óleo e a torta; a partição de custos entre os dois produtos é sempre arbitrária. Os estudos do custo do biodiesel da soja sempre usam o “custo de oportunidade” do óleo, o valor de mercado. Isto leva a uma enorme flutuação do custo do biodiesel, mas é a ótica correta para o produtor.

Estimativas de custos de processamento da ordem de US\$ 10 a tonelada podem ser consideradas otimistas, embora se trate de plantas de grande porte (400 t/dia). Para cerca de 20 mil toneladas anuais, parece razoável adotar um custo de processamento de US\$ 80,00 por tonelada de biodiesel produzido. No entanto, o fator mais importante é o custo atribuído ao óleo de soja. Os valores atuais da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove) (17, 19), são um custo do biodiesel de R\$ 1,11 a R\$ 1,35/l, com base no valor de mercado do óleo de soja estimado para as seguintes condições: unidade produtora de 400 t diárias, no interior do Sudeste, custo do óleo de soja bruto: US\$ 427/t (2002) a US\$ 522/t (2003).

5.1.3 Dendê

O custo da produção do óleo de palma (20) encontra-se próximo da média mundial, cerca de US\$ 200-230 por tonelada de óleo bruto. Nas melhores plantações, com grandes investimentos em tecnologia, esse custo já é inferior aos US\$ 200/t, com uma meta de alcançar em cinco anos um custo igual ou inferior a US\$ 170/t. O custo esperado para a produção de biodiesel seria muito competitivo se o processamento ficasse em 15-20% do custo final.

O óleo de dendê também é uma *commodity* de grandes volumes (25,4 M t anuais). No segundo semestre de 2003, o óleo de palma cru subiu de US\$ 400/t

para US\$ 500/t (22), e o óleo refinado (RBD) ficou em US\$ 0,70/kg (posto EUA).

5.1.4 *Referência: diesel mineral*

Para efeitos dessa comparação, o custo do diesel mineral, de refinaria, sem impostos, estava entre US\$ 0,24 e US\$ 0,26/l, com petróleo a aproximadamente US\$ 25/barril, entre janeiro e junho de 2003 (ver Nota 7) (1).

5.2. CRÉDITOS PELO USO DA GLICERINA

Os excedentes de glicerina derivada do biodiesel poderão levar a grandes reduções no preço, eliminando parte da produção de glicerina de outras fontes, hoje de 0,8 a 1,0 M t/ano. Com as reduções substanciais de preço, deverão também entrar no mercado de outros polióis, em particular o sorbitol. Na Europa, o aumento de biodiesel, para atingir apenas alguns pontos percentuais do diesel, cobriria grande parte da demanda atual por glicerol. Procuram-se aplicações de grandes volumes para glicerina, e isto provavelmente se dará nos intermediários para plásticos, como o propanodiol (PDO), contudo não são soluções de curto prazo. O cuidado a ser tomado, juntamente com o desenvolvimento de outros usos, é não usar nos estudos de custos os créditos para glicerina com base nos valores de mercado de hoje (ver Nota 5) (18).

5.3. GERAÇÃO DE EMPREGO

As estimativas disponíveis para emprego em geral referem-se com precisão maior aos empregos diretos. Para a cultura da mamona são muito preliminares. As estimativas de empregos indiretos também não são precisas.

Estima-se que o agronegócio da soja seja responsável pelo emprego direto de cerca de 4,7 milhões de pessoas em diversos segmentos, de insumos, produção, transporte, processamento e distribuição, e nas cadeias produtivas de suínos e aves. A produção correspondente é de 52 M t, em 20 M ha. Uma estimativa da Abiove (17) com base no Modelo de Geração de Empregos do BNDES para a Indústria de Óleos Vegetais, indica para o uso de B5, cerca de 1,5 M t, a geração de 200 mil empregos diretos e indiretos.

Para o dendê, dois exemplos no Pará quantificam as operações em unidade de cultura extensiva e no esquema de assentamentos familiares com participação dos governos federal e estadual (20). São apenas empregos diretos na produção agrícola:

- Agropalma: 33 mil hectares plantados: opera com 3 mil empregos diretos.
- Agropalma/governo: Assentamento para 150 famílias; uma família para 10 ha.

Uma estimativa da Embrapa (12) indica a possibilidade de uma renda líquida anual, para uma família, de R\$ 18 mil em 5 ha.

Para a mamona, em “unidades familiares” em cooperativas, a Embrapa estimou a utilização de 15 ha/trabalhador (emprego direto). Isto geraria uma renda líquida de R\$ 200/ha, receita de R\$ 0,50/kg bagas; pratica-se hoje cerca de R\$ 0,67, e coloca-se como objetivo um preço de R\$ 0,60.

5.4. COMPETITIVIDADE

As informações acima levam ao gráfico da Figura 1: custos de produção do óleo vegetal, da transformação para biodiesel, custos de oportunidade do óleo vegetal e custos do diesel sem impostos. Evidentemente, variações no custo do petróleo e nos custos de oportunidade dos óleos têm influência decisiva.

O valor de indiferença para o produtor (VIP) de biodiesel é a soma do custo de oportunidade do óleo com os custos de processamento do óleo para biodiesel. Em princípio, esse é o valor que um produtor de biodiesel espera receber por seu produto.

As duas linhas vermelhas representam o custo do diesel na refinaria, sem impostos, e o preço do diesel ao consumidor, somados os impostos, custos de logística e margens. Mesmo no caso da soja, que contaria com subsídio mínimo, apenas a renúncia fiscal não seria suficiente para atingir o VIP. O dendê é um caso muito interessante: o custo de produção é baixo, equivalente ao do diesel mineral sem impostos, mas o custo de oportunidade do óleo torna necessário um subsídio direto mais elevado que o da soja.

A mamona parece ser um caso de difícil viabilização, mas por excelentes razões: o produto tem alto valor de mercado, competindo com a aplicação como biodiesel. O custo de oportunidade para os óleos de dendê e soja são relativos a volumes elevados (acima de 20 milhões de toneladas) enquanto para a mamona o mercado é menor (~800 mil toneladas, para os preços atuais). O impacto de uma grande oferta, neste caso, poderá reduzir os preços e, eventualmente, aumentar o volume.

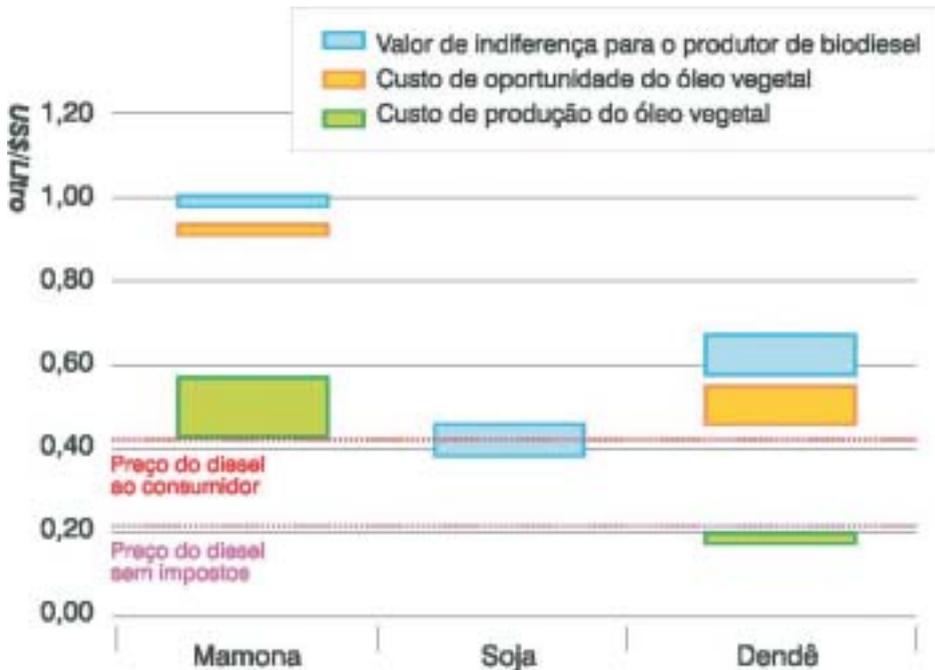


Figura 1. Estimativas de custos para biodiesel no Brasil

A partir dessa análise preliminar, é possível estimar (também preliminarmente) os subsídios necessários para a implantação de um programa de biodiesel. Claramente, uma variável de grande importância é o preço do diesel sem impostos (dependente diretamente do preço do petróleo).

Na Europa ou nos EUA, os preços diferentes do diesel modificam os resultados e as condições de viabilidade para o biodiesel. Os preços ao consumidor de diesel na Alemanha e EUA são, respectivamente, da ordem de 0,96 e 0,39 US\$/l; e os custos sem impostos de biodiesel, da colza e da soja,

são também, respectivamente, 0,63 e 0,58 US\$/l. Em outras palavras, por conta dos elevados impostos, o diesel mineral é tão caro na Alemanha que basta a renúncia fiscal para viabilizar o biodiesel. O mesmo não ocorre nos EUA, onde como visto anteriormente existe uma política de uso compulsório de biodiesel.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tecnicamente, o biodiesel é hoje uma alternativa possível; atualmente, seria mais indicado no uso em mistura com o diesel. As especificações preliminares brasileiras são adequadas para o início de um programa. O programa de testes poderá esclarecer dúvidas e permitir eventuais simplificações da especificação.

O balanço energético da produção é positivo na Europa e nos Estados Unidos, com soja e colza, ficando a relação, *output* renovável/ *input* fóssil, entre 2 e 3. No Brasil, estudos preliminares indicam valores entre 1,4 (soja) e ~5,6 (dendê). Comparativamente, o etanol no Brasil apresenta 8,3 e nos EUA, 1,3.

O uso do biodiesel reduz as principais emissões locais associadas ao diesel, de PM, CO, HC e SO_x, exceto dos NO_x (+2 a 4%, com B20). É não-tóxico e biodegradável. O biodiesel puro (B100), de colza, reduz de 40% a 60% das emissões de GEE correspondentes ao diesel.

Mercados: como exemplo, no Brasil o uso de B5 em todo o mercado necessitaria de 2,00 Mm³ biodiesel: 0,45 no diesel metropolitano; 0,31 no agropecuário; 0,10 para energia elétrica nos sistemas isolados.

A área a cultivar para suprir 5% da demanda de diesel (B5), com oleaginosas locais, é estimada em 3 M ha. A área de expansão possível para grãos é de 90 M ha. As áreas aptas para dendê atingem, na Amazônia, cerca de 70 M ha.

Para a mamona deverá haver fortalecimento substancial da base agrícola, com suporte para o desenvolvimento e disseminação de novas variedades. O modelo proposto para a produção, familiar “assistido” e assentamentos, deve ser cuidadosamente avaliado nos seus múltiplos aspectos, com ênfase em custos totais e renda. Deve também considerar a alternativa de exportação do óleo para usos não energéticos.

A soja apresenta forte base agrícola de variedades, tecnologias e uma enorme experiência na produção; não há limitações técnicas ou de áreas, para suportar um programa de biodiesel para misturas.

O dendê precisa ser considerado independentemente de programas para biocombustíveis. O Brasil produz apenas 0,5% do total mundial, embora tenha o maior potencial (áreas) do mundo para esta cultura. A oferta de variedades é adequada para a pequena produção de hoje; a expansão da cultura exigirá fortalecimento das pesquisas.

Os três produtos (mamona, soja, dendê) geram empregos no campo e indústria, com vantagens para os sistemas de produção “familiar”. A plena implementação do B5 poderá gerar aproximadamente 260 mil empregos diretos na fase agrícola (média de 0,09 emprego/ha, Embrapa).

No Brasil, como na Europa e nos EUA, o biodiesel não é competitivo com o diesel mineral para os custos de petróleo atuais. Portanto, é preciso conhecer bem os custos atuais e esperados no futuro, para dimensionar corretamente os níveis de subsídios envolvidos, e o valor das externalidades a serem consideradas.

Recomendações:

A implementação do programa de testes já acordado e a autorização para uso irrestrito de misturas até B2, não compulsória, atendendo as especificações, poderia ser adequada para iniciar um programa, indicando os mercados precursores, esclarecendo as situações de custos/preços, e aspectos tributários.

Recomenda-se um trabalho inicial de avaliação dos mercados externos para os óleos vegetais, da nossa competitividade (Índia, mamona; Malásia, dendê); e das estratégias para participar desses mercados em muito maior escala.

Devem ser fortalecidos os programas da Embrapa, aumentando a oferta de material genético (maior número de variedades e híbridos comerciais) de mamona e retomando plenamente o desenvolvimento de variedades de dendê

Deve ser fomentado o aperfeiçoamento dos processos de produção, incluindo os alternativos (craqueamento, catálise enzimática), e de uso do biodiesel.

OBSERVAÇÃO FINAL

O biodiesel pode eventualmente cumprir um papel importante no fortalecimento da base agroindustrial brasileira e no incremento da sustentabilidade da matriz energética nacional, com a geração de empregos e benefícios ambientais relevantes. É sempre útil lembrar a experiência do etanol, evoluindo de uma situação de necessidade de grandes subsídios em 1975 para uma forte posição competitiva hoje. Há disponibilidade de terras, clima adequado e tecnologia agrônômica, mas não há competitividade (no sentido convencional), é necessário um reforço da base de variedades e cultivares (exceto para a soja) e algum aperfeiçoamento dos processos produtivos (particularmente para a rota etílica). O planejamento para implementação do biodiesel requer ações de curto prazo, com a introdução cuidadosa deste biocombustível no mercado, que poderá induzir à progressiva superação das dificuldades apontadas.

É importante que a grande expectativa já criada em torno do biodiesel não se frustrate e coloque em risco uma alternativa de efetivo interesse.

II. AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DO ETANOL NO BRASIL

INTRODUÇÃO

Desde sua efetiva incorporação à matriz energética brasileira, em 1975, o etanol conseguiu importantes resultados:

- A produção e a demanda ultrapassaram largamente as expectativas colocadas no início do Programa Nacional do Alcool.
- A implementação de tecnologias e avanços gerenciais tornaram este combustível renovável competitivo com os combustíveis fósseis.
- As características de sua produção o tornam a melhor opção no momento para a redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de transportes, em todo o mundo.

Este estudo avalia as possibilidades e dificuldades a resolver para expandir sua produção no Brasil, visando inclusive mercados externos nos próximos dez anos.

1. EVOLUÇÃO E ESTÁGIO ATUAL DA PRODUÇÃO NO BRASIL

A cana-de-açúcar ocupa mais de 5 milhões de hectares no Brasil, em todas as regiões geográficas do país. Em 2003, com 345 milhões de toneladas, atingiu um quarto da produção mundial. Cerca de 50% foi utilizada para a produção de açúcar ($23,4 \times 10^6$ t) e 50% para etanol ($13,9 \times 10^6$ m³) (1). Portanto, a produção de etanol no Brasil ocupa hoje cerca de 2,5 M ha, 4% da superfície cultivada do país. Entre 1975 e 1985, a produção de cana aumentou de 120 para cerca de 240 milhões de toneladas, principalmente em função do PNA, estabilizando neste patamar entre 85 e 95, quando iniciou-se outro ciclo de expansão agrícola motivado pela exportação de açúcar; esta cresceu de 1,2 M t, em 1990, para 13,4 M t em 2003.

O sistema de produção envolve 308 usinas, com capacidades muito diferentes, de 0.6 a 6.0 M t cana processada por ano. Em média, as usinas possuem cerca de 70% de terras próprias (2), e cerca de 60 mil produtores e participam dos restantes 30%. Nesses 30 anos aumentou fortemente a participação do Centro-Sul do país na produção, com 83% do total. Os controles governamentais sobre a produção e comercialização foram eliminados a partir de 1990, persistindo ainda apenas na definição do teor de etanol na gasolina (4), situado na maior parte dos últimos anos em 24%.

A capacidade instalada para etanol no Brasil é da ordem de 15,5 Mm³, com o crescimento da importância relativa do etanol anidro durante esse período; apenas nos últimos anos o mercado para hidratado volta a retomar sua expansão, com as vendas de veículos bicombustível (flex-fuel). Com preços liberados, o etanol é vendido nos quase 28 mil postos de distribuição de todo o território brasileiro. Para o consumidor, os preços do etanol hidratado têm historicamente sido inferiores a 70% do preço da gasolina.

1.1. ASPECTOS TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS

1.1.1 *Evolução tecnológica; valores atuais e potenciais*

A produção de álcool combustível em larga escala promoveu um grande desenvolvimento tecnológico para a agroindústria da cana, caracterizado inicialmente (1975-1985) por uma grande ênfase em produtividade (capacidade nos sistemas de moagem e destilação, produtividade das fermentações, e produtividade agrícola). A partir de 1980, os programas foram voltados para a obtenção de maior eficiência de conversão, tendência reforçada desde 1985 com a estabilização da produção. Na área industrial, destacaram-se os ganhos em rendimento fermentativo e extração. Mas sem dúvida, a entrada das variedades da cana desenvolvidas no Brasil, pelo Planalsucar e Copersucar, foram responsáveis pelas maiores reduções de custo. Após 1985, novas ferramentas tecnológicas para o gerenciamento da produção agroindustrial passaram a ter importância crescente. Essas três fases coexistem, em parte, em muitas usinas.

Os resultados do desenvolvimento e apropriação de tecnologias no período 1975/2000 podem ser vistos na Tabela 1 (24). A conversão agroindustrial média evoluiu de 3 mil para quase 7 mil litros de etanol por hectare, entre 1970 e hoje.

Tabela 1. Indicadores de produtividade da agroindústria canavieira no Brasil, 1975/2000 (*1985/2000)

Indicador	variação
Produtividade agrícola	+ 33%
Teor médio de sacarose na cana*	+ 8%
Eficiência na conversão de sacarose para etanol	+ 14%
Produtividade na fermentação (m ³ etanol/m ³ reator-dia)	+ 130%

Para 105 unidades produtoras no Centro-Sul (25), a produtividade média atingiu 84 (máxima 109) t cana/ha, e o teor de sacarose médio foi de 14,6% (máximo 16,6), na safra de 2003/04. Também o teor médio de sacarose na cana aumentou nessas usinas (média: 14,6%; máximo: 16,6%). Essa evolução continua e deverá ocorrer no restante do país, que hoje tem uma produtividade

aproximadamente inferior em 15% à desse conjunto de usinas. Também se verificaram ganhos importantes na logística, na extensão da área utilizando ferti-irrigação com vinhaça e em vários outros processos.

A disponibilidade de variedades geneticamente melhoradas foi um fator muito importante para o incremento de produtividade, que ocorreu mesmo com a expansão para áreas menos favoráveis (26). Hoje são cultivadas no país centenas de variedades de cana-de-açúcar, e a variedade mais cultivada não ultrapassa 10% da área plantada (27). Os dois programas de melhoramento mais ativos foram estabelecidos em 1970; foram suficientes para atender à expansão da área. Incluem hoje o desenvolvimento de variedades transgênicas de cana, ainda não-comerciais.

No processamento da cana para etanol houve grandes avanços entre 1970 e 1990, mas nos últimos anos os ganhos de produtividade e eficiência foram pequenos (28). Para usinas no centro-sul obtêm-se eficiências globais de 89 a 92% de açúcar convertido em álcool anidro por t cana, levando a 85,5 l etanol por t cana, em média. O setor industrial deverá evoluir de forma mais destacada, incorporando tecnologias mais radicalmente diferentes e certamente com a implementação de novos produtos, agregando valor às *commodities* tradicionais (açúcar e etanol). Hoje, o baixo custo da sacarose viabiliza a produção comercial no país de ácido cítrico, aminoácidos como a lisina e treonina e o MSG, extratos de leveduras e derivados; muitos outros produtos estão sendo avaliados. Na interface entre a produção de cana e a industrialização está outra grande oportunidade: a geração de grandes excedentes de energia nas usinas.

As tecnologias em uso nas usinas produzem energia elétrica e térmica a partir do bagaço, sendo auto-suficientes. O uso de processos mais eficientes para geração e uso da energia, está levando o setor a tornar-se um gerador de excedentes de energia elétrica; por outro lado, competindo pelo mesmo combustível renovável (bagaço e palha da cana) nos próximos dez anos poderemos ver a implantação de sistemas para a produção de etanol adicional com a hidrólise e fermentação desses resíduos.

Cada tonelada de cana (colmos) produz 140 kg (massa seca, MS) de bagaço, das quais 90% são usados para produzir energia (térmica e elétrica) na usina; adicionalmente, contém 150 kg de açúcar (usado para açúcar, etanol) e 140 kg (MS) de palha, que hoje é perdida (queimada no campo). Apenas o

bagaço disponível na cana atualmente colhida é equivalente a 11,0 milhões t óleo combustível; 25% da palha, se recolhidos, seriam equivalentes a 3,2 milhões t óleo (29). Mostra-se que é possível recuperar 40% a 50% da palha, com custos de 0.6 – 1.0 US\$/GJ, dependendo do processo (30). Por outro lado, tecnologias comerciais podem levar à redução de consumos na área de processos da usina resultando em excedentes de bagaço de até 45%. Esses grandes volumes de biomassa a custos baixos poderão ser usados para energia (elétrica ou etanol).

Entre 1980 e 2000, as usinas de açúcar e álcool no Brasil evoluíram de uma dependência de 40% a 50% da energia elétrica da rede pública para a auto-suficiência e, atualmente, cresce a geração de excedentes para a venda. Em 2002 foram comercializados 5.36 TWh de excedentes (1.6% do consumo de eletricidade no Brasil). Tecnologias disponíveis no país (3) poderiam levar à instalação, conservadoramente, de 5 GW de potência em seis meses de operação. Opções mais avançadas, com produção anual, estão em análise (29, 30). Estes avanços dependem basicamente da intenção do governo de expandir a base de geração termoeleétrica complementar.

A alternativa importante seria produzir mais etanol, por hidrólise do material da palha e bagaço, e não energia elétrica. Diversas rotas são testadas no mundo na busca de processos eficientes para converter a celulose e a hemicelulose de resíduos; no Brasil a tecnologia em desenvolvimento é o processo DHR (32), utilizando solvente orgânico. Processos avançados (conversão de todos os açúcares) poderiam levar a aumentos de mais de 30% no faturamento da usina, se 50% da palha fosse utilizada (1).

1.1.2 Impactos no clima global

Os produtos energéticos da cana, etanol e bagaço têm contribuído largamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, por meio da substituição de combustíveis fósseis, respectivamente gasolina e óleo combustível. O balanço completo (ciclo de vida) tem sido realizado no Brasil e foi recentemente atualizado (34). Quando se consideram todos os combustíveis consumidos na produção e processamento da cana, na produção de insumos para a lavoura e processos, e na produção dos equipamentos e instalações para a indústria e lavoura, os resultados para as usinas do Centro-Sul são mostrados indicam uma relação de 8,3 entre a

produção de energia renovável e o consumo de energia fóssil. Essa relação, muito superior à de qualquer outra tecnologia para produzir combustível de biomassa no mundo, leva a uma grande redução nas emissões de GEE.

Para uma produção brasileira de etanol de cerca de 14 milhões de m³ por ano, sendo, aproximadamente, a metade em anidro, os valores acima indicam que o etanol é responsável pela redução de cerca de 30,1 milhões t CO² equivalente, ou 8,2 milhões t Carbono equivalente. Essa é uma razão determinante da importância do etanol brasileiro para o mercado externo e interno, com a implementação do Protocolo de Quioto.

1.1.3 Impactos no uso final: poluição em centros urbanos

Grandes benefícios na redução da poluição nos centros urbanos ficaram evidentes a partir de 1980 (35). Resumidamente, pode-se dizer que os usos do etanol em mistura (E 22) ou nos motores a etanol puro (E 100) proporcionaram, nesse período:

- Eliminação total dos aditivos com Pb (desde 1990).
- Eliminação de 100% do SO, particulados de Carbono e Sulfato nos E100 e de ~22% nos E 22.
- VOCs com menor toxicidade e reatividade.
- CO: redução de ~70% nos antigos E 100 e até 40% nos E 22, comparados com E0.

1.1.4 Impactos ambientais da produção agrícola

Há uma experiência de centenas de anos na cultura da cana no Brasil, e as práticas agrícolas não têm conduzido em geral a resultados prejudiciais ao meio ambiente. É uma cultura não irrigada e que recicla seus resíduos principais. As atividades de produção de cana e sua industrialização são, como todas as outras, regulamentadas por um conjunto de leis. Em particular, seu impacto ambiental é controlado por cerca de 50 leis, resoluções, portarias, decretos e normas técnicas mais relevantes, nos setores agrícola e industrial. É um conjunto dinâmico com freqüentes revisões em função de avanços técnicos e novas situações.

É possível que a evolução nessa área venha a ser muito acentuada, inclusive por fatores econômicos (redução de insumos com agricultura de “precisão” e novas práticas, por exemplo). Nos últimos 20 anos, o uso de herbicidas, pesticidas e fertilizantes pela cana tem sido equivalente, e em alguns casos muito menor que o de outras culturas de grande volume. É prática corrente o reciclo de resíduos (vinhoto e torta de filtro) para a lavoura, reduzindo a necessidade de fertilizantes externos (principalmente potássio); em 1977, o uso médio de fertilizantes minerais pela cana, soja e milho no Brasil era, aproximadamente igual, por hectare (36). A otimização no uso dos resíduos (torta e vinhoto) e a possibilidade de deixar parte da palha no campo podem levar a reduções significativas dos fertilizantes minerais externos. Uma fração deste potencial começa a ser utilizada.

O reciclo da vinhaça tem sido extensamente analisado, visando otimizar os benefícios e evitar problemas ambientais (contaminação do lençol freático, salinização). Resultados de pesquisas cobrindo mais de 30 anos de uso desse resíduo, apontaram as operações adequadas de armazenamento, transporte por canais e aplicações de vinhaça (37), na sua maioria já em prática.

Há um extenso programa de controle biológico do principal predador da cana, a broca. Ele reduziu a infestação ao nível de 2% a 3%, contra valores iniciais (1980) de 10% a 11%. O uso total de inseticidas em 1997 atingia cerca de 0,36 kg/ha, contra 1,17 para soja e 0,26 para milho (38, 39). Há incertezas quanto ao aumento futuro de predadores das partes aéreas da planta, com a limitação de queima da cana; controles biológicos específicos estão sendo testados.

A proteção do solo e águas deve ser cuidadosamente observada. O crescimento rápido da cana, e a prática de culturas de rotação, assim como o ciclo de cinco cortes, permitem a proteção do solo na maior parte do tempo, reduzindo erosão. São desenvolvidas e utilizadas técnicas especiais de contenção de águas pluviais.

A Lei nº 4.771/65, do Código Florestal, estabelece as obrigações quanto ao reflorestamento e proteção de águas e define as áreas de preservação. Principalmente em São Paulo, milhares de hectares de áreas reflorestadas foram estabelecidos em áreas de cana (proteção de cursos de água, encostas, etc), mas será necessário estimular avanços significativos nos próximos anos. Na

década de 90, a captação e uso de água nas usinas de açúcar ainda eram elevados. Têm sido substancialmente reduzidos, com otimização da reutilização interna da água.

Desde 1980, a preocupação com as queimadas de cana motivou estudos por pelo menos duas câmaras setoriais (trabalhadores, produtores, órgãos de proteção ambiental e da saúde pública). Em São Paulo, com a maior concentração da produção, foi estabelecida a legislação adequada com a implantação gradual das áreas sem queima, respeitando o estágio atual e avanços da tecnologia de colheita, as áreas de risco, a necessidade de manter níveis de emprego e treinamento da mão-de-obra, e a segurança e bem-estar da população.

A tecnologia básica para a transformação genética de cana é dominada no Brasil (Copersucar, Allelyx, Ridesa) e está avançando significativamente também em outros países. O estabelecimento do mapa genético da cana levou à implantação de vários projetos envolvendo análise funcional do genoma. Os resultados são esperados nos próximos anos. A legislação brasileira é muito restritiva, e nos últimos dez anos todos os trabalhos em curso para a cana-de-açúcar, têm se mantido estritamente dentro das normas de segurança.

1.2. GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA

1.2.1 *Evolução*

A geração de empregos agrícolas e industriais tem sido um dos pontos fortes da indústria da cana. Há grandes diferenças regionais e as características do emprego têm mudado nos últimos 30 anos, mas o fato é que o programa do álcool ajudou a reverter a migração para as áreas urbanas e melhorar a qualidade de vida em muitas localidades.

Em 1991, estimou-se em 800 mil empregos diretos e 250 mil indiretos o número de postos de trabalho associados à agroindústria da cana (40). Em São Paulo, 72% dos empregos diretos encontravam-se na agricultura. Cerca de 30% do total eram trabalhadores especializados (lavoura e indústria), e 10% possuíam treinamento médio (motoristas, por exemplo). Diferenças regionais em mecanização, automação e produtividade determinavam que no Nordeste, com relação ao Sudeste, necessitava-se de três vezes mais trabalhadores por unidade de produção. Em São Paulo, o cortador de cana

recebia mais do que 86% dos trabalhadores agrícolas no país; mais que 46% dos trabalhadores industriais, e mais do que 56% dos trabalhadores em serviços. O coeficiente de sazonalidade era de cerca de 2.2, em 1980; 1.8, em 1990, e cerca de 1.3, em 1995.

Dez anos depois, em 2001, análises feitas com base em 1997 (41) indicaram cerca de 654 mil empregos diretos e 427 mil indiretos. O número de empregos “induzidos” é muito elevado (cerca de 1,8 milhão, para cana, açúcar e etanol). A redução de empregos diretos deveu-se principalmente a terceirizações, aumento de produtividade e mecanização/automação (42). Tomando como base a produção de petróleo no Brasil, a geração de empregos por unidade de energia equivalente é quatro vezes maior no carvão, três vezes com a energia hidrelétrica, e 150 vezes com o etanol.

1.2.2 Tendências atuais

Com tecnologia adequada podem ser feitos ajustes no número de empregos ou em sua qualidade para acomodar os mercados locais. A tendência irreversível no Brasil é seguir incorporando tecnologia e gerando menos empregos com maior qualidade. A redução estimada de empregos na área de colheita da cana, nas regiões onde a limitação da queima ou a topografia adequada favorecem a colheita mecânica (42) pode chegar a cerca de 50% a 60% dos empregos diretos na área agrícola.

1.3. ASPECTOS ECONÔMICOS

Uma avaliação recente (43) para o centro-sul determinou o custo de produção sustentável economicamente, incluindo a remuneração adequada do capital; utilizou valores para a média das usinas mais eficientes, com tecnologia praticada hoje. O detalhamento e as hipóteses adotadas na atualização desses valores para janeiro de 2003 constam do relatório completo (1). Os custos do etanol hidratado ficariam entre R\$ 0,523 a R\$ 0,482/l, (hoje e no cenário com avanços em tecnologia) claramente competitivos com os combustíveis derivados de petróleo, cujos preços nas refinarias têm historicamente se situado acima de US\$ 0,20/l. Notar que estes valores correspondem a usinas “eficientes”, não à média nacional.

2. PERSPECTIVAS DE EVOLUÇÃO E COMPETITIVIDADE PARA EXPORTAÇÃO NOS PRÓXIMOS DEZ ANOS

O etanol é empregado no mundo como combustível, como insumo industrial e na área de bebidas. É produzido por fermentação (93%, em 2003) ou síntese química. No período 2000-2002 (44) a produção mundial de etanol para os diversos fins estava em torno de 33 M m³/ano, sendo 19 M m³ para combustível, 9 como insumo industrial e 4,5 para bebidas. Nesse período, produtores importantes foram o Brasil (13,5 M m³), EUA, China, UE, Índia e Rússia.

2.1. CUSTOS DE PRODUÇÃO E COMPETITIVIDADE

Em geral, é difícil avaliar o custo real de produção do etanol em situações em que há grandes subsídios de naturezas diferentes, como é o caso dos EUA e UE.

Para o custo do etanol de milho (glucose) nos EUA, a análise de uma planta (45) para 53 M m³/ano (2003), usando o processo *dry milling* e produzindo etanol anidro, leva a um custo de produção de US\$ 0,33/l. Análises anteriores para plantas maiores, citadas recentemente (26), chegaram a US\$ 0,29/l.

Para o etanol de trigo e beterraba (Europa), estimativas para plantas hipotéticas de 50 e 200 M litros/ano (2003) (45), na Alemanha, considerando créditos por subprodutos, levam a US\$0,50/l. Estima-se que seria possível reduzir esses custos em cerca de US\$ 0,07/l etanol anidro, com avanços em variedades de plantas, economia de energia nos processos e economias de escala.

Para o etanol de hidrólise de lignocelulósicos é preciso avaliar o estágio atual e as perspectivas das tecnologias em desenvolvimento. É um desenvolvimento essencial para que o etanol seja produzido e comercializado como *commodity*, porque estenderia a sua produção para praticamente todos os países do mundo. Ainda não há aplicação realmente comercial; plantas de demonstração devem operar em 2004, com tecnologias e matérias-primas diferentes, mas estão longe de serem competitivas. O custo do etanol depende principalmente do custo da biomassa, do processamento e das taxas de conversão obtidas. Uma análise detalhada é apresentada na Nota 2 do relatório completo (1).

Uma avaliação (46) feita em 2001, com quantificação das expectativas futuras, indica que os custos atuais, incorporando tecnologia em fase final de desenvolvimento, seriam de US\$ 0,38/l (0,44-0,36), esperando-se atingir em 2020 US\$ 0,20/l. Isso dependeria de avanços extraordinários no custo das enzimas para o processo, e redução dos custos da biomassa (~US\$ 1,25/GJ). No Hemisfério Norte esses custos estão (plantações energéticas) em torno de 2,4 hoje.

Para as comparações e verificação da competitividade tem sido aceito um custo de gasolina (na refinaria, sem aditivos, sem impostos) de US\$ 0,21/l (petróleo a US\$ 24/barril) a US\$ 0,25/l (petróleo a US\$ 30/barril).

2.2. MERCADOS PARA O ETANOL: BRASIL E EXTERIOR NOS PRÓXIMOS DEZ ANOS

Atualmente, o comércio internacional de etanol é de cerca de 3,3 Mm³/ano (2002). O Brasil exportou 0,32Mm³ em 2003 e 2,4 M m³ em 2004, sendo hoje o líder do mercado. As análises de potencial consideram dois pontos básicos: a implementação do Protocolo de Quioto, e a resistência dos países desenvolvidos na defesa de seus produtores internos. O Brasil, com os menores custos de produção de etanol e de açúcar do mundo, considera quatro mercados: os mercados interno e externo para etanol e açúcar.

2.2.1 Mercado interno para etanol

Nos últimos 12 anos, até 2002, o consumo foi estável, em torno de 12 M m³, com transição de etanol hidratado para anidro. Nos últimos anos a demanda voltou a subir, com misturas com maior porcentagem de etanol e pela introdução dos carros *flex-fuel*, que já respondem por 30% das vendas. Resultados de diversas simulações (47, 48, 49) convergem para cerca de 22 M m³ em 2013.

2.2.2 Mercados externos para etanol

Estes mercados são avaliados considerando o teor das políticas agrícolas internas de cada país ou região, o seu compromisso formal ou esperado com o Protocolo de Quioto, sua demanda de combustíveis etc. É uma área com muitas incertezas. Uma estimativa da Única para 2010, apresentada em 2003 (47), indica que as demandas totais externas seriam de 35 a 50 M m³. Uma avaliação recente da IEA (2) confirma essas expectativas: incluindo o Brasil, a

demanda esperada é de cerca de 66 M m³ etanol em 2010, a partir dos 33 M m³ em 2003.

2.2.3 Mercado interno de açúcar

Nos últimos 20 anos, tem-se mantido o quociente 1,6 entre as taxas de crescimento do consumo de açúcar e da população, no Brasil. Com essa taxa, em 2013, o consumo terá atingido 11.4 M t. O consumo de açúcar para outros produtos (sucro-químicos: aminoácidos, ácidos orgânicos) poderá chegar, em dez anos, a 1,4 M t. Portanto, uma estimativa da demanda interna de açúcar é de cerca de 12.8 M t/ ano, em 2013 (50).

2.2.4 Mercado externo de açúcar

Essas estimativas são mais imprecisas ainda, pelo fato de dependerem muito de decisões políticas no âmbito da OMC e de acordos bilaterais. Uma das grandes comercializadoras (51) do setor apresentou um estudo muito completo, para um horizonte de dez anos, até 2014. Os resultados indicam que as exportações no mundo podem crescer 26 M t (de 45 para 71 M t/ ano) e o Brasil deverá conseguir a maior parte deste aumento do mercado, ficando com 40% do mercado mundial. Com uma posição mais conservadora, a Datagro (48) indica, para 2013, 20,9 M t.

2.2.5 Evolução da produção de cana

Para atender as demandas previstas de açúcar e etanol, nos mercados interno e externo, em 2013 (com apenas 4,4 M m³ de exportação de etanol) seria necessário ter 572 M t cana/ano (48). Portanto, é adequado avaliar os impactos (benefícios e dificuldades a vencer) visando aumentos de pelo menos 150 M t cana, nos próximos dez anos. Estes 150 – 230 M t cana/ ano corresponderiam a 2,2 – 3 M ha adicionais.

2.3. IMPACTOS DE UM AUMENTO SUBSTANCIAL DA PRODUÇÃO NOS PRÓXIMOS ANOS

2.3.1 Sustentabilidade da base agrônômica: variedades e tecnologia agrícola

O país possui hoje programas adequados para o desenvolvimento de novas variedades, de modo a suprir as áreas produtoras e ter a certeza de que novas doenças ou pragas poderão ser controladas com perdas aceitáveis. São cultivadas no país mais de 550 variedades de cana-de-açúcar. Nos últimos dez anos foram

liberadas 51 variedades novas (7) e as 20 principais ocupam 70% da área. Essas variedades foram produzidas, principalmente, por dois programas de melhoramento genético: o da Copersucar (variedades SP) e o da Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro-Ridesa (ex.: Planalsucar, com variedades RB). Há ainda um programa do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e recentemente foi constituída uma empresa privada para o desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar, a Canavialis. Importantes epidemias foram controladas, como o carvão de cana (1980-1985), a ferrugem (1987-1992) e o vírus do amarelecimento (1994-1997).

Nos últimos dez anos no Brasil, assim como na Austrália e África do Sul, tem-se observado um significativo desenvolvimento da biotecnologia de cana-de-açúcar. Desde 1997, o CTC tem desenvolvido e plantado experimentalmente variedades transgênicas. O Projeto Genoma Cana, concluído em 2003, identificou os genes expressos em cana-de-açúcar, com a colaboração de 200 pesquisadores de mais de 20 grupos. A capacitação técnica interna coloca o Brasil em posição de vanguarda mundial no emprego da moderna biotecnologia no desenvolvimento de novas variedades de cana.

2.3.2 Disponibilidade de áreas livres adequadas

Um estudo da Embrapa mostra que entre 1976 e 2000 todas as unidades da Federação produziram cana, embora com produtividades médias diferentes. Nesse período, a área plantada em cana passou de 2,1 para 4,9 M ha (133%); a produção, de 105 para 334 M t cana (219%). A cana-de-açúcar pode ser cultivada em áreas de todas as regiões do país, adaptando-se com variedades adequadas.

De acordo com a Embrapa (15), existem aproximadamente 100 milhões de hectares aptos à expansão da agricultura de espécies de ciclo anual, e uma liberação potencial de área equivalente a 20 milhões de hectares, da pecuária. As expectativas de aumentar em 150 – 230 milhões de toneladas de cana a produção nacional, exigindo áreas novas de 2,2 – 3 M ha, seriam atendidas com cerca de 2% desta área de expansão, e portanto não se vê limitação nesse sentido.

2.3.3 Capacidade industrial para a implantação de destilarias

O setor de produção de equipamentos pode suprir a implantação de novas unidades de produção de etanol, incluindo sistemas de co-geração (convencionais, pressão de operação 60-80 kgf/cm²) com um índice de nacionalização de quase 100%. Os principais fornecedores brasileiros já produziram cerca de 200 destilarias autônomas, e 200 plantas de co-geração correspondentes, com uma média “histórica” de cinco usinas por mês. A capacidade de fabricação de unidades completas para uma expansão da produção de etanol foi estimada (33), concluindo que para os níveis de expansão considerados, a indústria nacional poderá atender à demanda de equipamentos e sistemas.

3.4. LOGÍSTICA PARA A EXPORTAÇÃO DE ETANOL

Em 2004, o volume exportado ficou acima de 2,4 M m³; o crescimento rápido foi um teste inicial para a capacidade da infra-estrutura existente. No caso de ocorrer o aumento do consumo de etanol no país, como previsto, a infra-estrutura logística de armazenagem e transporte deverá passar por aumentos nos próximos anos. A adição de 5 M m³ para exportação será somada a essa necessidade, acrescendo-se a estrutura portuária de terminais e tancagem. A estrutura de coleta e distribuição interna do etanol no mercado brasileiro movimentava atualmente cerca de 1 M m³/ mês. Na avaliação da Petrobras (52), os incrementos para a exportação de etanol exigem investimentos em algumas áreas: tancagem e melhorias nos centros coletores; melhorias nas ferrovias; portos; alcooldutos exclusivos. Tanto a Petrobras quanto o setor privado têm se preparado para aumentar as exportações, e os aumentos previstos são considerados possíveis.

2.4. IMPACTOS NA GERAÇÃO DE EMPREGOS E NO POTENCIAL DE ENERGIA EXCEDENTE

É possível que a produção de cana-de-açúcar no Brasil aumente entre 100 e 200 milhões de toneladas/ano, em 10-15 anos, para atender a demandas de etanol e açúcar. Uma avaliação do impacto desse crescimento na geração de empregos e no potencial de geração de energia (nesse caso, simplificada, energia elétrica) deve ser feita a partir de hipóteses seguras.

Com hipóteses relativamente fortes foi estimada uma perda de 273 mil empregos diretos e de 12 mil empregos indiretos na produção de cana com a

mecanização agrícola para a produção atual. Portanto, uma produção futura, nas condições acima descritas, poderá gerar, para cada 100 milhões de toneladas de cana, 125 mil empregos diretos e 136 mil empregos indiretos.

Deve ser iniciada a utilização de parte da palha, a redução dos consumos internos de vapor e de ciclos de condensação-extração anuais (11 meses/ano). Esses avanços dependem principalmente de ser implementada no país uma política real de expansão da geração térmica distribuída, com co-geração. Seria um desperdício injustificável iniciar uma expansão da produção (destilarias e fábricas de açúcar novas) baseada em unidades de geração (novas) ineficientes. Se as novas unidades operarem com alta pressão e com parte da palha, pode-se estimar para cada 100 M t cana adicionais cerca de 9000 GWh de energia excedente.

2.5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- O uso de etanol e a exportação de açúcar triplicaram a produção de cana no Brasil desde 1975; ela ocupa 8% da área de cultivo, utiliza 300 unidades industriais e 60 mil produtores de cana. A evolução tecnológica agroindustrial, nos últimos 30 anos, levou aos menores custos de produção de cana, etanol e açúcar no mundo. Custos podem continuar decrescentes nos próximos anos.
- A produção e uso de etanol no Brasil apresentam excelentes resultados na redução de emissões de gases de efeito estufa (~30 M t CO₂ equivalente por ano). Desde 1980, o uso do etanol promoveu grande redução na poluição atmosférica em centros urbanos. Os impactos ambientais negativos da produção de cana são relativamente pequenos, e têm um controle eficiente.
- Em 1991, a renda média do trabalhador na cultura de cana era superior a de outras culturas agrícolas no país. O investimento médio por emprego direto era inferior à metade do investimento equivalente médio nos 35 maiores setores da economia. Em 1997, havia 1,08 milhão de empregos diretos e indiretos (60% diretos), e cerca de 1,8 milhão “induzidos”. O avanço da mecanização agrícola, entre outros fatores, reduzirá o emprego (agrícola) por unidade de produto nos próximos dez anos.
- A produção atual de etanol no mundo é de cerca de 33 M m³, sendo 58% para combustível. O Brasil produz (2003) 13,5 M m³. Os custos de produção fora do Brasil são hoje muito superiores aos custos no Brasil para etanol de

beterraba ou cereais; também para etanol de ligno-celulósicos (em desenvolvimento) nos próximos 15 anos.

- As avaliações mais recentes do mercado para etanol no Brasil indicam ~22 M m³ em 2013; e a demanda mundial externa deverá atingir 35 - 50 M m³, em 2010. O Brasil poderia suprir parte dessa demanda (conservadoramente, 4,4 M m³ em 2013).
- O mercado interno de açúcar, incluindo os usos (1,4 M t) para outros produtos, poderá chegar a 12,8 M t em 2013. O Brasil manteria sua posição no mercado “livre” externo (40%) atingindo 20,9 M t/ ano.
- Essas estimativas levariam à necessidade de aumento de 230 M t cana/ ano, até 2013.
- A base genética atual (setor privado e público) é suficiente para o desenvolvimento contínuo de novas variedades, de modo a proteger as áreas produtoras de novas doenças ou pragas. Nas áreas de expansão livres hoje (90 M ha, apenas em cerrados) seria possível utilizar sem conflitos os 2,5 – 3 M ha necessários.
- A indústria nacional tem capacidade para suprir totalmente, nos prazos previstos, a demanda de destilarias completas e sistemas de geração de energia associados.
- A estrutura logística para a exportação precisará de investimentos em tancagem, melhoria de ferrovias, terminais nos portos e alcooldutos. O setor privado está investindo em terminais; a melhoria da estrutura rodoferroviária precisa ser considerada pelo setor público, e a participação da Petrobras (dutos, tancagem) deve ser integrada.
- Com todas as reduções de emprego por mecanização agrícola, estima-se em 125 mil empregos diretos e 136 mil indiretos a demanda para cada 100 M t cana adicionais.
- Cada 100 M t cana adicionais podem fornecer aproximadamente 9000 GWh de energia excedente à rede. Isso uma ação clara do governo, abrindo espaço para essa co-geração.

É essencial manter e reforçar as condições de sustentabilidade (econômica, social, ambiental) já existentes, também mediante a agregação de novas tecnologias. Para isto, recomenda-se:

1) Manter o esforço de P&D nos setores privado e público pelo menos nos níveis de dez anos atrás; ampliar com um programa visando as áreas novas que poderia ser conduzido pela Embrapa.

2) Abrir espaço para a geração distribuída de energia elétrica a partir das usinas, com o uso de contratos de longo prazo e com garantia de preços adequados.

3) Complementar as ações do setor privado na infra-estrutura para exportação de etanol.

4) Trabalho em conjunto dos órgãos do governo e do setor produtivo para regulamentar e definir cronogramas adequados para os níveis de captação de água para uso industrial nas usinas, e também para a proteção de nascentes e cursos de água.

5) A posição do Brasil no mercado de açúcar (custos imbatíveis, capacidade de expansão virtualmente ilimitada) é assustadora para os produtores da UE e EUA. Será preciso negociar cotas e prazos que tragam alguma segurança para uma gradual adaptação dos produtores nesses países, buscando compensações em outras áreas; mas não se pode deixar de avançar continuamente na introdução destes dois produtos, e os setores envolvidos (governo e setor privado) precisam estar coordenados nessas ações.

6) Deve haver empenho do governo federal na formulação e aplicação de uma política estável para o setor de combustíveis automotivos.

REFERÊNCIAS

- (1) BIOCOMBUSTÍVEIS. Brasília: [s.n.], 2004. (Caderno NAE 2-2004)
- (2) INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Biofuels for transport: an international perspective**. Paris: IEA/EET, 2004. Comunicação ao CGEE.
- (3) MIXON, J.; DACK, J.; KRAUCUNAS, I.; FENG, J. **The case for biodiesel**. Seattle: [s.n.], 2003. Report to Washington State Government.

- (4) Entrevista com Prof. Ji Xing.
- (5) NOGUEIRA, L.A.H. **Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Central**. México: CEPAL/GTZ, 2004.
- (6) MANGAN, C.L. Non-food crops and non-food uses in EC research programs. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 16, n. 2-3, p. 81-88, feb. 1995. Papers presented at the International Congress Beyond 2000: Chemicals from Biotechnology Ecological Challenge and Economic Restraints.
- (7) THYSON, K.S. **Biodiesel research progress: 1992-1997**. [S.l.]: National Renewable Energy Laboratory, 1998.
- (8) GOLDEMBERG, J. **Balanço energético da produção de combustíveis de óleos vegetais**. São Paulo: Instituto de Física/USP, 1982. (Pre-print, n. 323)
- (9) Informado ao CGEE por Luciano Basto Oliveira, IVIG/COPPE, 2004.
- (10) MARTINS, H., TEIXEIRA, L. C. Balanço energético da produção de óleos vegetais transesterificados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 3., 1985, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: [s.n.], 1985.
- (11) AGÊNCIA NACIONAL DO PETROLEO. **Anuário estatístico 2002**. Rio de Janeiro, 2003.
- (12) PERES, J. R. Oleaginosas para biocombustíveis. [S.l.]: Embrapa, 2003.
- (13) NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. S. Dendroenergia: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
- (14) CAMPOS, I. A.; AZEVEDO, G. **Formulações estratégicas em energia renovável**. Campina Grande: Fórum Sudene Energia, 2003.
- (15) Informado ao CGEE por Vânia Beatriz Rodrigues Castiglioni; Embrapa Soja, 2004.
- (16) NAPOLEÃO E. B. **Custo de produção da mamona em agricultura familiar, com e sem consorciamento com feijão**. Campina Grande: Embrapa, 2004.
- (17) Informado ao CGEE por Juan Diego Ferr.
- (18) Informação ao CGEE por Gabriela A. Macedo, Unicamp.
- (19) FERRES, J. **Competitividade econômica e marco regulatório para o biodiesel**. São Paulo: [s.n.], 2004. Workshop SMA.
- (20) Informado ao CGEE por Marcelo Brito, Agropalma, 2004.

- (21) Chemical Market Reporter, Market Prices; volumes de 1990 a 2004.
- (22) Chemical Market Reporter, volumes 1 a 12, 2003.
- (23) Chemical Marketing Reporter, março, 2003.
- (24) MACEDO, I. C. Commercial perspectives of bioalcohol in Brazil. In: WORLD CONFERENCE ON BIOMASS FOR ENERGY AND INDUSTRY, 1., 2000, Sevilla. **Proceedings...** Sevilla: [s.n.], 2000.
- (25) Comunicação ao CGEE, S. J. Hassuani e L.A. Dias Paes, Centro de Tecnologia Copersucar, 2004.
- (26) Comunicação ao CGEE por William L. Burnquist, Centro de Tecnologia Copersucar, 2004.
- (27) Comunicação ao CGEE por Marcos G. A. Landell, IAC - Instituto Agrônomo de Campinas, 2004.
- (28) Comunicação ao CGEE por Manoel R. L. Verde Leal, Centro de Tecnologia Copersucar, 2004.
- (29) MACEDO, I. C. **Geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil:** situação atual, oportunidades e desenvolvimento. Brasília: [s.n.], 2001. Relatório para o MCT.
- (30) RELATÓRIOS do projeto biomass power generation: sugar cane bagasse and trash. [S.l.]: UNDP-GEF/ Copersucar, Centro de Tecnologia Copersucar, 2003.
- (31) Comunicação ao CGEE por Manoel R. L. Verde Leal, Centro de Tecnologia Copersucar, 2004.
- (32) Comunicação ao CGEE por Olivério, J.L. Codistil-Dedini, 2004.
- (33) OLIVÉRIO, J. L.; DEDINI. Fabricação nacional de equipamentos para a produção de álcool e co-geração. In: SEMINÁRIO BNDES ÁLCOOL: POTENCIAL GERADOR DE DIVISAS E EMPREGOS, Rio de Janeiro, 2003. **Anais...** Rio de Janeiro: [BNDES], 2003.
- (34) MACEDO, I. C.; LEAL, M. R. L. V.; SILVA, J. E. **Emissões de gases de efeito estufa (GEE) na produção e uso de etanol no Brasil:** situação atual 2002. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2004.
- (35) CARVALHO, L. C. C. Understanding the impact of externalities: brazil. In: INTERNATIONAL DEVELOPMENT SEMINAR ON FUEL ETHANOL, 2001, Washington. **Proceedings...** Washington: [s.n.], 201.

- (36) Comunicação de J. Donzelli; Centro de Tecnologia Copersucar, 2002.
- (37) Gloria, N. A.; Demattê, J. L.; Elia Neto, A. e outros; Proposta para adequação da aplicação de vinhaça no solo, apresentada pela Única à Cetesb, São Paulo, 2003.
- (38) INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro, 1997.
- (39) ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Relatório anual**. São Paulo, 2000.
- (40) BORGES, J.M. The effect on labor and social issues of electricity sales in the brazilian sugarcane industry. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY FROM SUGARCANE, WINROCK INTERNATIONAL, 1991, Hawaii. **Proceedings...** Hawaii: [s.n.], 1991.
- (41) GUILHOTO, J. M. M. **Geração de emprego nos setores produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool no Brasil e suas macrorregiões**. São Paulo: MB Associados e FIPE, 2001. Relatório Cenários para a produção de açúcar e álcool.
- (42) GUILHOTO, J. M. M. et al. mechanization process of the sugar cane harvest and its direct and indirect impact over the employment in Brazil and in its 5 macro-regions. Piracicaba: ESALQ-CEPEA, 2002. Relatório.
- (43) Borges, J.M. Alternativas para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro. **Unica**, São Paulo, v. 2, 2001.
- (44) SAKA, S. Current situation of bio-ethanol in Japan. In: WORKSHOP CURRENT STATE OF FUEL ETHANOL COMMERCIALIZATION, 39., 2003, Denmark. **Proceedings...** Denmark: IEA Bioenergy Task, 2003.
- (45) HENNIGES, O.; ZEDDIES, J. Fuel ethanol production in the USA and Germany: a cost comparison. **F. O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report**, v. 1, n. 11; 2003.
- (46) NIEVES, R. Enzyme based biomass to ethanol technology: an update: NREL. In: INTERNATIONAL DEVELOPMENT SEMINAR ON FUEL ETHANOL, 2001, Washington DC. **Proceedings...** Washington DC: [s.n.], 2001.
- (47) CARVALHO. E. P. Demanda externa de etanol. In: SEMINÁRIO BNDES ÁLCOOL: GERADOR DE DIVISAS E EMPREGO, Rio de Janeiro, 2003. **Anais...** Rio de Janeiro: [BNDES], 2003.

(48) NASTARI, P. Projeções de demanda de açúcar e álcool no Brasil no médio e longo prazos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DATAGRO SOBRE AÇÚCAR E ÁLCOOL, 3., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2003.

(49) Comunicação ao CGEE por Luiz C. Correia Carvalho, 2004.

(50) NASTARI, P. Perspectivas de desenvolvimento de mercado a Índia, e seus impactos no mercado de açúcar. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DATAGRO A INTERNALIZAÇÃO DO ÁLCOOL COMBUSTÍVEL, São Paulo, 2002. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2002.

(51) DRAKE, J.; CARGILL, S. The future of trade flows in the World Sugar Trade. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DATAGRO SOBRE AÇÚCAR E ÁLCOOL, 3., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2003.

(52) CUNHA, F. Petrobrás distribuidora: a logística atual de transportes das distribuidoras e a infra-estrutura para a exportação do álcool. . In: SEMINÁRIO BNDES ÁLCOOL: POTENCIAL GERADOR DE DIVISAS E EMPREGOS, Rio de Janeiro, 2003. **Anais...** Rio de Janeiro: [BNDES], 2003.