

# **AGROMINERAIS PARA O BRASIL**

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL  
RIO DE JANEIRO, 2010

# AGROMINERAIS PARA O BRASIL

## EDITORES

---

Francisco Rego Chaves Fernandes  
Adão Benvindo da Luz  
Zuleica Carmen Castilhos

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade  
exclusiva do(s) autor(es)

**VERA LÚCIA DO ESPÍRITO SANTO SOUZA**  
Projeto Gráfico/Editoração Eletrônica

**GISELE ROSE DA SILVA**  
Assistente de Pesquisa

Foto Agrominerais: Verdete, Silanito, Fonolito, Amazonita, Verdete britado  
(da esquerda para a direita) – Sílvia Cristina Alves França e Gisele Rose da Silva.  
Agrícolas: milho, soja, feijão, arroz e cana-de-açúcar.

Centro de Tecnologia Mineral

Agrominerais para o Brasil/Eds. Francisco R. C. Fernandes, Adão B. da Luz,  
Zuleica C. Castilhos. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

380 p.: il.

1. Fertilizantes. 2. Agrominerais. 3. Agroindústria. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Fernandes, Francisco R.C. (Ed.). III. Luz, Adão B. (Ed.). III. Castilhos, Zuleica C. (Ed.).

ISBN 978-85-61121-61-7

CDD 668.62

# APRESENTAÇÃO

Com a edição deste livro conclui-se o Projeto AGROMINERAIS, coordenado pelo CETEM com financiamentos do CT-Mineral e FINEP.

No decorrer dos últimos 18 meses foi realizada intensa atividade de interação entre pesquisadores e professores das mais importantes instituições brasileiras. Foram realizadas Oficinas Temáticas muito concorridas, envolvendo a comunidade acadêmica, tecnológica, empresarial e organizações sociais. Ainda foram produzidos estudos prospectivos por especialistas renomados, nacionais e também internacionais das diferentes áreas do conhecimento envolvidas no tema. Destes últimos, foram elaborados quinze distintos capítulos para o atual livro sobre Agrominerais.

Acreditamos que com a edição deste livro e a sua divulgação simultânea na internet e no site do CETEM, estamos dando uma positiva contribuição à importante questão dos Agrominerais no Brasil.

Rio de Janeiro, Julho de 2010.

José Farias de Oliveira  
Diretor do CETEM



# SUMÁRIO

PREFÁCIO	<i>Francisco Rego Chaves Fernandes, Adão Benvindo da Luz e Zuleica Carmen Castilhos</i>	
CAPÍTULO 1	PANORAMA DOS AGROMINERAIS NO BRASIL: ATUALIDADE E PERSPECTIVAS <i>Yara Kulaif e Francisco Rego Chaves Fernandes</i>	01
CAPÍTULO 2	AGROMINERAIS: RECURSOS E RESERVAS <i>Antonio Fernando da Silva Rodrigues, David Siqueira Fonseca, Mathias Hider Ricardo Eudes Parahyba e Vanessa M. M. Cavalcante</i>	23
CAPÍTULO 3	ROTAS TECNOLÓGICAS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVAS PARA A OBTENÇÃO DE FERTILIZANTES <i>Arthur Pinto Chaves</i>	45
CAPÍTULO 4	ROCHAS, MINERAIS E ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES ALTERNATIVOS <i>Adão Benvindo da Luz, Francisco E. Lapido-Loureiro, João Alves Sampaio, Zuleica Carmen Castilhos e Marcelo Soares Bezerra</i>	61
CAPÍTULO 5	MATERIAIS SILICÁTICOS COMO FONTES REGIONAIS DE NUTRIENTES E CONDICIONADORES DE SOLOS <i>Éder de Souza Martins, Álvaro Vilela de Resende, Claudinei Gouveia de Oliveira e Antonio Eduardo Furtini Neto</i>	89
CAPÍTULO 6	O MEIO AMBIENTE NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS NO BRASIL <i>Elvira Gabriela Dias e Roberto D. Lajolo</i>	105
CAPÍTULO 7	FOSFOGESSO: GERAÇÃO, DESTINO E DESAFIOS <i>Roberto Mattioli Silva e Marco Giuliatti</i>	125
CAPÍTULO 8	A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE FERTILIZANTES (CADEIA NPK, ENXOFRE, ROCHA FOSFÁTICA E POTÁSSIO) - PROJEÇÕES DE 2010 A 2030 <i>Eduardo Soares Ogasawara, Yara Kulaif e Francisco Rego Chaves Fernandes</i>	145
CAPÍTULO 9	UM ESTUDO DAS PRINCIPAIS LAVOURAS PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS <i>Maria Helena M. Rocha Lima e Nilo da Silva Teixeira</i>	169
CAPÍTULO 10	O USO DA BIOMASSA COMO NOVA FONTE ENERGÉTICA MUNDIAL <i>Ângelo Bressan Filho</i>	189
CAPÍTULO 11	POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS PARA OS BIOCOMBUSTÍVEIS <i>Ricardo Borges Gomide</i>	203

CAPÍTULO 12	INVENTÁRIO E CARTOGRAFIA DE RECURSOS AGROMINERAIS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVOS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO	
	<i>Gerson Manoel Muniz de Matos e Ivan Sérgio de Cavalcante Mello</i>	227
CAPÍTULO 13	ROCHAS E MINERAIS COMO FERTILIZANTES ALTERNATIVOS NA AGRICULTURA: UMA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL	
	<i>Peter Van Straaten</i>	235
CAPÍTULO 14	BIOCOMBUSTÍVEIS NOS ESTADOS UNIDOS EM CONTEXTO DE MUDANÇA	
	<i>Joaquim Ramos Silva</i>	265
CAPÍTULO 15	A SITUAÇÃO ENERGÉTICA DA UNIÃO EUROPEIA E O CASO PARTICULAR DOS BIOCOMBUSTÍVEIS: DIAGNÓSTICO ACTUAL E PERSPECTIVAS	
	<i>Carla Guapo Costa</i>	277

# PREFÁCIO

Francisco Rego Chaves Fernandes  
Adão Benvindo da Luz  
Zuleica Carmen Castilhos

Este livro "Agrominerais para o Brasil" é um livro editado pelo Projeto Agrominerais coordenado pelo CETEM - Centro de Tecnologia Mineral do MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia, para atender a dois objetivos principais:

- abordar aprofundadamente o vasto conjunto de temas pertinentes aos Agrominerais com um enfoque centrado no Brasil;
- apresentar sugestões de linhas de ação, uma Agenda de Prioridades, para o desenvolvimento científico-tecnológico brasileiro sustentável.

Apresenta os principais resultados do Projeto "Estudo Prospectivo Relativo aos Agrominerais e Seus Usos na Produção de Biocombustíveis Líquidos com Visão de Longo Prazo (2035)", resultante de Oficinas temáticas que foram realizadas envolvendo algumas centenas de participantes. O projeto foi apoiado pelo CT-Mineral/Fundo Setorial Mineral e pela FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, tem como coordenador o CETEM e como instituições co-executoras, a UFSCar/Rede Inter-universitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), a Embrapa Cerrados/Rede de Pesquisa de Rochas Silicatadas de Fonte de Potássio, a CPRM-Serviço Geológico do Brasil (SGB) e o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM/MME).

Agrominerais (tais como enxofre, minerais de potássio, rocha fosfática, calcário e turfa) é matéria-prima de origem mineral sendo insumo absolutamente indispensável para viabilizar a agricultura e a pecuária brasileiras, ou seja, é parte integrante da alimentação dos cidadãos brasileiros, da viabilização do agronegócio externo, e ainda, alavancando o nascente e pujante setor dos biocombustíveis.

O tema do livro foi desdobrado pelos editores, em quinze capítulos, cada um deles a cargo de um especialista de renomado conhecimento.

Inicia-se o livro "Agrominerais para o Brasil" com dois capítulos dedicados às Fontes Convencionais de Nutrientes (FCN). O primeiro, "*Panorama dos agrominerais no Brasil: atualidade e perspectivas*" traça um atualizado perfil dos fertilizantes convencionais (NPK): - uma complexa cadeia de múltiplos produtos e mercados; - uma caracterização geral desta indústria no Brasil e no mundo e um histórico deste setor industrial no Brasil, desde a sua fundação, destacando-se as consequências da sua privatização há dez anos. Finalmente, a atualidade, a qual apresenta grandes desafios, em que a oferta tem elevadíssima dependência das importações, atinge cerca de 80% do total dos nutrientes consumidos pelo Brasil e a especulação financeira se faz fortemente presente.

Logo em seguida: "*Agrominerais: recursos e reservas*" aprofunda o tema dos Agrominerais (minerais de potássio, fosfato, enxofre e calcário) no Brasil no segmento da pesquisa e lavra de recursos minerais, incluindo uma minuciosa apresentação da disponibilidade primária (ocorrências e jazidas minerais) em todo o território nacional. É também analisado para cada um dos recursos agrominerais, os aspectos de mercado e as relações de dependência e sustentabilidade entre o agronegócio e o mineralnegócio.

Um capítulo crítico: "*Rotas tecnológicas convencionais e alternativas para a obtenção de fertilizantes*", apresenta os diferentes produtos oferecidos no mercado brasileiro, tanto oriundos das Fontes Convencionais de Nutrientes (FCN) - os de alta solubilidade e concentração - como das Fontes Alternativas de Nutrientes (FAN) - rocha, termofosfatos e outros -, questionando-se aprofundadamente as vantagens e desvantagens de sua utilização no clima e solos tropicais brasileiros. Em conclusão, defende o autor, ser

altamente desejável o fortalecimento da pesquisa e desenvolvimento tecnológico das diferentes fontes alternativas de fertilizantes fosfatados, para atender às demandas crescentes, com o aproveitamento de quantidades enormes de minérios marginais inacessíveis pela tecnologia atual, mas que são: de interesse industrial, de conservação de recursos minerais e de minimização do impacto ambiental.

Dois capítulos são dedicados às Fontes Alternativas de Nutrientes (FAN). O primeiro "*Rochas, minerais e rotas tecnológicas para a produção de fertilizantes alternativos*" aprofunda a rochagem, ou seja, as técnicas de aplicação direta na agricultura de rochas moídas ou contendo finos naturais, como material fertilizante. Os autores realizaram uma detalhada busca, em todo o extenso território brasileiro, identificando e localizando as rochas e materiais fertilizantes alternativos, nos colocando ainda a par do estado da arte dos estudos tecnológicos visando o seu aproveitamento. No final sugerem uma agenda de prioridades para futuras pesquisas de desenvolvimento científico e tecnológico. Na continuação do tema, um novo capítulo, "*Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos*", destacando um novo paradigma, com a mudança de uso de matérias primas convencionais globalizadas para matérias primas alternativas regionais. Localiza também estes materiais (primários e secundários) abundantes no Brasil, justapõe as suas ocorrências com a localização das produções de cana-de-açúcar e soja, que são as duas principais fontes dos biocombustíveis, mostrando a ampla viabilidade do seu aproveitamento regional e finaliza elencando ainda um conjunto de vantagens decorrentes da sua utilização.

Dois capítulos são totalmente dedicados ao meio ambiente, que apresentam, no seu final, um elenco de sugestões, uma agenda de prioridades para implementação. O primeiro "*O meio ambiente na produção de fertilizantes fosfatados no Brasil*" dá-nos uma aprofundada e ilustrativa panorâmica dos diferentes e múltiplos impactos negativos no meio ambiente associados à cadeia produtiva dos fertilizantes fosfatados, que obrigatoriamente devem ser levados em consideração, no planejamento da ampliação da produção de agrominerais. A esperada ocorrência de tais impactos nos futuros empreendimentos torna necessário identificar as ações e medidas que, se implementadas, poderão atenuar este efeito, seja na lavra ou no beneficiamento dos minerais fosfáticos. Estes processos produtivos encontram-se todos no campo dos conflitos, seja pelo uso da terra ou da água e integrados no desenvolvimento sustentável no binômio: conservação e desenvolvimento econômico. Já na etapa de industrialização, o fosfogesso destaca-se como um importante problema, pois: "*constitui significativo passivo ambiental que, mantidas as atuais circunstâncias, deve continuar a crescer na razão direta da expansão da produção, em virtude da rota tecnológica adotada*". Os autores concluem que: "*o papel do desenvolvimento científico e tecnológico pode ser muito mais decisivo na solução dos problemas (...) deve ser tratado de modo amplo e transparente, envolvendo todos os atores interessados – empresas, instituições de ciência e tecnologia, organismos de governo, entidades não governamentais, sociedade civil – e incorporar como pressupostos os princípios de prevenção e precaução*".

O segundo capítulo: "*Fosfogesso: geração, destino, desafios*", centra e desenvolve o tema do rejeito complexo gerado na produção de ácido fosfórico, produto essencial na cadeia NPK dos fertilizantes, mas contendo, entre outros, metais pesados e minerais radiativos. A sua produção no Brasil iniciou-se em 1950 e para cada tonelada de ácido fosfórico geram-se seis toneladas de rejeito, o fosfogesso, gerando atualmente uma produção anual de 5 milhões de toneladas a sua produção anual. Os autores mostram que já atinge 50% a parcela do fosfogesso gerado no Brasil que é descartada no ambiente empurrado pelas empresas produtoras de ácido fosfórico, utilizado principalmente com finalidade agrícola. Neste particular, sem que haja uma avaliação do potencial impacto radiológico na população consumidora dos produtos agrícolas e sem provas da sua eficácia como fertilizante. Mostram ainda que existem pressões dobradas para a ampliação do seu descarte, como material de construção (por exemplo, para a população de baixa renda, ao abrigo do PAC do governo federal), sem que se aplique, nem o princípio da precaução, com seu consequente banimento, nem a proposição, pelos órgãos brasileiros competentes, de padrões e limites quantitativos das mensurações de risco principalmente quanto às emissões radiativas. Em contraste, no resto do mundo desenvolvido, nos Estados Unidos, União Europeia e Japão, os autores referem-se à rejeição deste material, para estradas junto de centros urbanos e habitados devido ao teor de radionuclídeos. Destaca-se nos EUA o banimento do uso do fosfogesso, feito pela *United States Environmental Protection*

Agency (USEPA) em 1992 citando a demolição de conjuntos habitacionais na Flórida, construídos nos anos 60.

Em "A indústria brasileira de fertilizantes (cadeia NPK, enxofre, rocha fosfática e potássio) - projeções de 2010 a 2030" é feito um exercício econométrico - rigoroso, através de sofisticada e adequada metodologia - onde são apresentados resultados de um exercício de projeção de longo prazo, das principais variáveis do mercado de fertilizantes minerais NPK do Brasil. Mostra a necessidade até 2030 de ampla ampliação da capacidade produtiva nacional da indústria do NPK, em todos os seus segmentos produtivos, para atender a um forte crescimento esperado do PIB brasileiro. Há uma expectativa de crescimento pujante do *agrobusiness*, o que significa a necessidade de novos empreendimentos agrominerais em grandes proporções, significando também vultosos investimentos, que até ao presente momento, a iniciativa privada ou estatal está longe de viabilizar. Comparados estes resultados com os obtidos num estudo da ANDA realizado em 2009, verifica-se que são muito semelhantes, apontando as necessidades adicionais em mais 50% da capacidade produtiva atual brasileira.

O tema de agrocombustíveis vem logo em seguida, desenvolvido em três capítulos concatenados: o primeiro trata da agricultura brasileira no que se refere às duas maiores produções direcionadas para biocombustíveis, a cana-de-açúcar e a soja; o segundo, sobre as políticas governamentais brasileiras para os biocombustíveis e, finalmente, o terceiro versa sobre o uso da biomassa como nova fonte energética mundial.

O capítulo "*Um estudo das principais lavouras para a produção de biocombustíveis*", é um texto positivo e afirmativo:

- o Brasil poderá expandir suas plantações tanto para a indústria de alimentos quanto de biocombustíveis (...) confirmando em 2030 um futuro promissor para os agentes envolvidos tanto com a cadeia produtiva do etanol
- o atual sucesso do carro *flex* é fruto dessa experiência adquirida desde a década de 70, com o lançamento do PROÁLCOOL, que incentivou o uso do álcool anidro misturado à gasolina até surgimento dos veículos *flex* em 2003.
- o grande desafio do Brasil é consolidar a liderança na utilização da bioenergia como combustível automotivo.

No decorrer deste capítulo é-nos dado conhecer, tanto para a cana-de-açúcar como para a soja, estatísticas atualizadas e detalhadas sobre a área plantada - nacional e regional - , a estrutura industrial, as esperadas expansões da produção projetadas principalmente para os biocombustíveis, com a incorporação de novas áreas e ainda, os mercados para estes produtos.

O conhecimento referente às "*Políticas governamentais para biocombustíveis*" é de grande interesse e, neste capítulo, nos é dado conhecer as medidas governamentais, baseadas na plena convicção que existem externalidades positivas dos biocombustíveis em relação aos outros combustíveis fósseis, para consolidar a sua produção e uso no Brasil, baseada em suporte à agricultura e à instalação de unidades industriais de produção, à estruturação da cadeia logística e de abastecimento, à definição de normas e padrões de comercialização, ao consumo e à fabricação de veículos. Os diferentes instrumentos de política são também explanados, tal como a definição de mandatos para uso compulsório, políticas fiscais, creditícias e tributárias. Em seguida, listam-se as principais instituições do governo federal relativas aos biocombustíveis. Finalmente, em sua conclusão, o autor afirma que: "*É nítida a relevância da cana-de-açúcar como bem energético e estratégico para o país. Essa posição, conquistada ao longo de anos, serve como modelo para a consolidação do biodiesel no mercado brasileiro, assim como para o desenvolvimento de futuros biocombustíveis, a exemplo do bioquerosene e do biogás, ou mesmos de novas gerações tecnológicas*".

"*O uso da biomassa como nova fonte energética mundial*" trata intensivamente do uso de biomassa, dissecando o etanol como um novo produto para o mundo, a natureza do funcionamento da cadeia de produção sucroalcooleira no Brasil e a competição entre a produção de matérias-primas agrícolas e energéticas. Em relação a este último item, observa o autor que a utilização de matérias-primas agrícolas,

convencionais ou não, para a produção de combustível em grandes volumes traz, para os países que iniciam este tipo de programa, algumas consequências que não podem ser ignoradas. Observa ainda que: o atendimento deste novo tipo de demanda tende a provocar fortes desequilíbrios, que podem ser globais ou domésticos, nas relações econômicas, ambientais e sociais, que não podem ser desconsideradas pelas autoridades responsáveis pela gestão do novo programa. O autor apresenta uma visão otimista mas contendo algumas advertências em sua análise como mostra o subtítulo final do capítulo: O uso da biomassa como fonte energética é um movimento irreversível e de consequências imprevisíveis!

Um capítulo inteiro fecha o conjunto de capítulos que trata especificamente do Brasil e é dedicado ao "Inventário e cartografia de recursos agrominerais convencionais e alternativos do território brasileiro", com a produção de dois mapas do Brasil que podem ser consultados na internet e/ou em encarte de folha dupla no próprio livro. Os mapas versam sobre: - *Ambientes geológicos favoráveis para agrominerais fontes de P, K, Ca e Mg, direcionado à cartografia das fontes minerais convencionais para produção destes macronutrientes e - Insumos alternativos para a agricultura: rochas, minerais e turfa voltado para a cartografia de fontes alternativas, tais como rochas, minerais e substância húmica (turfa), para aplicação direta na agricultura, com destaque para os insumos utilizados na rochagem.*

Finalmente, três capítulos são inteiramente dedicados a estudos internacionais e foram diretamente encomendados a especialistas estrangeiros O primeiro sobre "*Rochas e minerais como fertilizantes alternativos na agricultura: uma experiência internacional*", onde o autor disserta sobre três fatores básicos que pesam no desempenho dos cultivos, além das características físico-químicas, (o fator rocha), existem as propriedades químicas e físicas dos solos (o fator solo) e finalmente as exigências e necessidades de nutrientes dos plantios (o fator plantio). Atualiza o conhecimento sobre as rochas e os minerais alternativos fertilizantes e relata as aplicações alternativas em um conjunto grande de países do mundo. Os outros dois capítulos são dedicados às questões que se prendem mais com a matriz energética e a produção de biocombustíveis na União Europeia e nos Estados Unidos. No capítulo dedicado à UE: "*A situação energética da União Europeia e o caso particular dos biocombustíveis: diagnóstico actual e perspectivas*", destaca-se que a par das controvérsias quanto à produção de biocombustíveis, no que se refere à segurança alimentar e à questão ambiental, existe uma grande dependência da UE em relação às principais importações das principais fontes de energias não-renováveis e perspectiva do seu agravamento no futuro, o que obrigou a um grande programa de reversão da matriz energética, através do incentivo às energias renováveis, com ênfase nos biocombustíveis, acompanhada de grande esforço de pesquisa e desenvolvimento, existindo aprofundada apresentação de sua meta e resultados parciais. Com "*Biocombustíveis nos Estados Unidos em contexto de mudança*", mostra-se a insustentabilidade do modelo energético dominante desde 1970, apoiado em fontes não-renováveis, como os combustíveis fósseis e o atual dilema dos EUA, o principal produtor e consumidor mundial. Para a transição para um novo modelo, que está em marcha desde o final da primeira década do século XXI, a transição para o uso maior de fontes renováveis como os biocombustíveis, exige-se pesados desafios de natureza tecnológica e de uma contribuição ativa para o combate ao aquecimento global ou a sua atenuação, diminuindo a emissão de gases do efeito estufa. O autor aponta que, no estágio atual da pesquisa tecnológica, a nascente indústria norte-americana de biocombustíveis baseado no milho não é competitiva, só sobrevive por barreiras à concorrência externa e subsídios aos seus produtores. Os biocombustíveis competitivos existem apenas em outros países que não os EUA (predominantemente no Brasil), mas a quebra das barreiras internas e as importações acabariam com o principal pilar da política energética deste país que é a independência energética.

O Brasil requer urgentes e vultosos investimentos industriais em todos os setores da cadeia produtiva dos Agrominerais, de forma que a demanda, incluindo a segurança alimentar brasileira, o programa de exportações do agronegócio e o acelerado desenvolvimento dos biocombustíveis não sejam inviabilizados. Hoje em dia, as decisões empresariais estão nas mãos da Vale e da Petrobrás, que detêm uma participação majoritária na cadeia convencional de NPK, após recentes aquisições das participações dos grupos multinacionais que dominaram a indústria brasileira no último decênio.

Acreditamos que terão uma excelente leitura todos aqueles que tenham acesso a este livro, especialistas do tema, alunos e professores, profissionais e leitores em geral, interessados em aprender ou aprofundar seus conhecimentos sobre os Agrominerais.

## UM ESTUDO DAS PRINCIPAIS LAVOURAS PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

MARIA HELENA M. ROCHA LIMA<sup>1</sup>  
NILO DA SILVA TEIXEIRA<sup>2</sup>

O Brasil poderá expandir suas plantações tanto para a indústria de alimentos quanto de biocombustíveis<sup>3</sup>. Dentre os fatores que deverão impulsionar a produção de biocombustíveis nos próximos anos, confirmando um futuro promissor para os agentes envolvidos tanto com a cadeia produtiva do etanol quanto do biodiesel, estão:

- a existência de amplas áreas disponíveis para a produção agrícola: além das características, como clima e solo diversificados, chuvas regulares, sol em abundância e 13% de toda água doce disponível no mundo, existe no Brasil mais de 280 milhões de hectares em terras aráveis (Agroanalysis, 2008b). Mais especificamente, o território nacional conta com uma área de 851 milhões de hectares, sendo que somente 64,7 milhões de hectares (7,6%) são ocupados por lavouras perenes e temporárias (Floriani, 2008).
- o crescimento da demanda mundial pelas fontes de energia renováveis: baseados em alta de preço do petróleo, pressão ambiental pelo uso de fontes renováveis de energia e diminuição dos custos de produção dos biocombustíveis no médio prazo. A forte e contínua elevação dos preços do petróleo de princípios de 2004 até meados de 2008, quando passaram dos níveis considerados normais de US\$ 30 o barril para um valor próximo de US\$ 130, criou perspectivas promissoras para o álcool combustível, que ainda não foram abaladas pela atual queda nos preços do petróleo. A confiança nessa nova fonte de energia é o reconhecimento de que o álcool poderá vir a se tornar uma das possíveis soluções a problemas de oferta de combustíveis, incluindo também a mitigações de problemas ambientais<sup>4</sup>.
- a adoção de legislação que estabelecerá percentuais mínimos de aditivos limpos nos combustíveis fósseis, por diversos países. A produção de biodiesel tem um grande potencial econômico, levando-se em conta que a legislação em favor do uso do biodiesel, em vários países na União Européia e nos EUA, estimula a demanda e abre futuros mercados.

A Agência Internacional de Energia (IEA) estima um crescimento de 53% do mercado mundial de agroenergia para os próximos 25 anos, decorrente da diminuição das reservas de petróleo e sua substituição por alternativas renováveis (Agroanalysis, 2008b).

Assim como o Brasil possui grande aptidão na produção do etanol, tendo como matéria prima a cana de açúcar, igual potencial se vislumbra para a produção do biodiesel. Este produto além de ser uma alternativa ecológica, ainda desponta como um negócio economicamente atraente.

O Brasil reúne vantagens comparativas em relação a outros países e poderá se tornar relevante exportador de energias alternativas, mas para assegurar a continuidade do bom desempenho, investimentos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico na área, que já existem, devem ser incentivados e aumentados.

Esse trabalho pretende apresentar um panorama das culturas adequadas à produção de biocombustíveis, enfocando a produção agrícola da cana de açúcar na produção do etanol e da soja na produção do biodiesel.

<sup>1</sup> D.Sc. Universidade de São Paulo (USP). Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). E-mail: mrocha@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Mestrando da Escola Nacional de Ciências Estatísticas do IBGE. Bolsista do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). E-mail: nteixeira@cetem.gov.br.

<sup>3</sup> Em pesquisa feita por especialistas pela FIA/USP, estes são fatores que devem impulsionar a produção de biocombustíveis no país (Valor Econômico, 2007).

<sup>4</sup> Os projetos nessa área podem se destacar como candidatos preferenciais a serem apoiados pelas políticas de financiamento, estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto (INFOENER, 2009).

## Etanol

Do ponto de vista químico, o álcool é um produto genérico sendo que o tipo de álcool extraído da cana-de-açúcar é o álcool etílico, cuja designação está associada à sua particular composição dos átomos de carbono e de hidrogênio na cadeia molecular. O álcool etílico, que também é designado de etanol, é usado como combustível veicular em duas diferentes formas: (i) etanol hidratado, que possui, em média, 6,0% de água em sua composição, utilizado como combustível em veículos do tipo 'flex-fuel', que têm um motor que permite o uso de 100% desse produto, o uso de 100% de gasolina ou ainda a mistura em qualquer proporção desses dois combustíveis, (ii) etanol anidro, que é o etanol hidratado após passar por um processo de purificação para retirada de, praticamente, toda a água existente em sua formulação, e é usado em mistura com a gasolina na proporção de 20% a 25%, dependendo da disponibilidade do produto e da política oficial.

### CANA DE AÇÚCAR: MATÉRIA PRIMA UTILIZADA NA PRODUÇÃO DO ETANOL

A cana de açúcar é a principal matéria prima para a indústria sucroalcooleira brasileira. Trata-se do nome comum de uma herbácea vivaz, planta da família das gramíneas, originária da Ásia Meridional<sup>5</sup>, cultivada principalmente em países tropicais e subtropicais, onde se alternam estações secas e úmidas e onde a colheita se dá no período seco do ano ou que apresenta a ocorrência de poucas chuvas. Na região Centro-Sul este período se prolonga de meados de abril a meados de dezembro e nos estados tradicionais produtores de cana-de-açúcar do Nordeste, esta colheita ocorre de setembro a março.

O Quadro 1 apresenta algumas informações técnicas<sup>6</sup> da cultura da cana. O rendimento médio por hectare cresceu substancialmente na última década, mesmo levando em conta diferenças substanciais entre regiões. Novas variedades já utilizadas têm o potencial de gerar até 120 toneladas por hectare. No atual padrão tecnológico em uso no país cada tonelada da cana de açúcar moída, que gera energia equivalente a 1,2 barris de petróleo, tem um rendimento próximo a 82 litros de álcool por tonelada de cana e gera uma quantidade média de 80 quilowatts de energia elétrica com a queima do bagaço resultante da moagem. Segundo análise do Valor Econômico (2007) cada tonelada de cana moída converte-se em 89 litros de etanol hidratado ou 85 litros de etanol anidro nos estados da região Centro-Sul.

Quadro 1 - Informações técnicas da cultura da cana no Brasil.

<b>Ciclo</b>	6 a 7 anos
Número médio de cortes	5 cortes
Produtividade da cana	85 t/ha (120-65)
Rendimento de açúcar	138 kg/t
Rendimento de álcool	82 l/t

Fonte: MAPA, 2009.

A cana de açúcar é uma cultura semiperene e predomina como uma monocultura na ocupação do solo. Permite até cinco cortes e sua colheita, que tradicionalmente é realizada através de queimadas e tem um efeito altamente poluidor do meio ambiente, tem sido substituída pela colheita mecanizada<sup>7</sup>. A safra de 2008/09 teve 47% da colheita no Estado de São Paulo mecanizada (Agroanalysis, 2008a). Os principais

<sup>5</sup> A primeira muda foi trazida por Martin Afonso de Souza em 1532, tendo a produção de açúcar iniciado, em meados do século XVI, um ciclo econômico que durou certa de 150 anos e que teve seu auge no século seguinte, quando se tornou o maior produtor mundial de açúcar. Portanto, a produção de cana de açúcar foi a primeira atividade produtiva instalada no Brasil.

<sup>6</sup> Os parâmetros técnicos atuais da cultura de cana no Brasil podem ser resumidos em: 1 kg de açúcar = 1,0495 kg atr (açúcar total recuperável), 1 litro de anidro = 1,812kg kg atr, 1 litro hidratado = 1,7412 kg atr. (Agroenergia, 2009).

<sup>7</sup> A colheita mecanizada só pode ser realizada em terrenos com menos de 12% de declive e apresentam a vantagem de manter a palha da cana como resíduo que garantem a fertilidade do solo.

países produtores de cana-de-açúcar além do Brasil, que ocupa o primeiro lugar, são a Índia, a Austrália e a Tailândia.

A cana de açúcar é a matéria prima com maior rendimento e menor custo de produção e que mais atende a sustentabilidade ambiental, tendo em vista que praticamente todos os resíduos da indústria canavieira podem ser reaproveitados. Em primeiro lugar, a energia consumida no processo produtivo pode ser o próprio resíduo, no caso o bagaço em co-geração, a chamada torta de filtro formada pelo lodo advindo da clarificação do caldo é muito rica em fósforo e pode ser utilizada como adubo para a própria lavoura de cana, além da vinhaça, que é um subproduto da produção de álcool, que contém elevados teores de potássio também utilizado como fertilizante.

#### **PROCESSO DE PRODUÇÃO: AÇÚCAR/ETANOL**

O processamento da cana de açúcar é feito a partir da colheita do caule (chamado de colmo) que é primeiramente moído e em seguida concentrado por fervura, resultando no mel ou melaço, sendo que a cristalização desse melaço produz o açúcar. Através de um processo de fermentação, o mesmo caldo dá origem, tanto a cachaça e outras bebidas alcoólicas, como ao etanol.

Por outro lado, as fibras ou o bagaço resultantes da moagem do caule podem ser usados como matéria prima para a produção de energia elétrica, co-gerada através de queima e produção de vapor em caldeiras que, além de realizarem a cocção do caldo para fabricação de açúcar e a destilação do álcool, movimentam turbinas e geradores de eletricidade.

Poderão também no futuro próximo, quando plantas fabris com o uso das novas tecnologias estiverem disponíveis comercialmente, produzir mais etanol – segunda geração da tecnologia - através de hidrólise enzimática ou por outros processos que transformam a celulose em açúcares fermentáveis. A produção de biocombustíveis de segunda geração envolve desenvolvimento de diversas rotas tecnológicas como hidrólise, pirólise, gaseificação e novos processos de fermentação. A produção de etanol por meio de biomassa de cana de açúcar – palha e bagaço – é uma alternativa para a expansão do setor, através de desenvolvimento tecnológico e não implica em aumento de área plantada. A celulose existente na palha e no bagaço pode gerar álcool, preservando florestas e culturas alimentares, além de eliminar o problema das queimadas, que são fonte de gases poluentes.

#### **PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE**

A produção de cana de açúcar, de 1990 a 2008, apresentou um aumento de quase 150%, conforme se observa na tabela 1. Considerando somente o período após o ano de 2000, o crescimento foi de 126%.

Em relação à área plantada e/ou área colhida<sup>8</sup>, entre os anos de 1990 e 2008, o crescimento foi de cerca de 100%, sendo que o segundo período (2000-2008) apresentou um crescimento de 46% (área plantada). Portanto, foi grande o aumento de produtividade no período posterior ao ano 2000, o que significou menor área incorporada à produção de cana.

<sup>8</sup> Observa-se pequena diferença entre área plantada e área colhida.

Tabela 1 - Evolução da área, produção e produtividade da cana de açúcar no Brasil

Ano	Área (milhões de hectares)		Produção (milhões de t)	Produtividade (t/ha)
	Área Plantada	Área Colhida		
1990	4,29	4,27	262,60	61,49
1995	4,62	4,57	303,56	66,49
2000	4,82	4,82	325,33	67,51
2005	5,62	5,76	419,56	72,83
2006	7,04	6,19	457,98	74,05
2007	7,89	6,69	515,82	77,05
2008	8,92	8,14	648,85	77,52

Fonte: MAPA, 2009.

A produtividade média da cana de açúcar brasileira aumentou nas últimas décadas devido a vários fatores (Portal biodiesel, 2009), como:

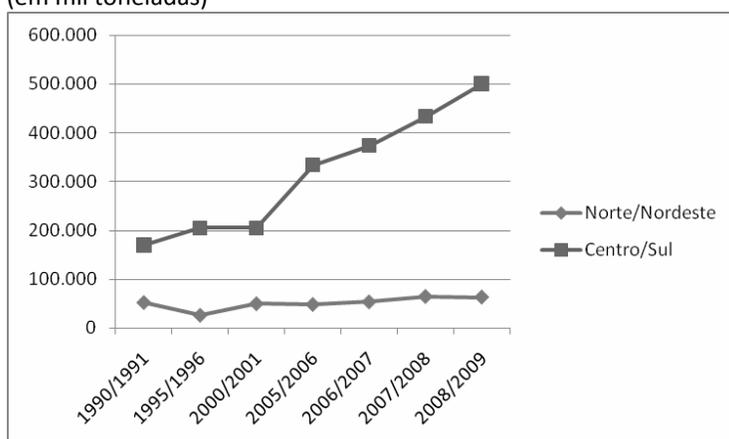
- programa de melhoramento genético através de variedades selecionadas (exemplo: Programa Genoma da Cana).
- tecnologia agrícola (destacando-se o gerenciamento da produção agrícola, com a utilização de solos, usos de imagem de satélite para identificação varietal e aperfeiçoamento de manejo em geral).
- evolução na mecanização da colheita e transporte de maior número de toneladas de cana por viagem o que reduziu o consumo de combustíveis.
- manejo de resíduos agrícolas – aproveitamento do vinhoto e limpeza da cana a seco (evita perdas de 1 a 2 % do açúcar).
- redução da demanda por adubos químicos – valorização do vinhoto como adubo orgânico, rico em fósforo e potássio.

O Gráfico 1 apresenta a diferença no nível de produção entre as regiões Norte/Nordeste e Centro/Sul do país. Levando em conta dados a partir da safra de 1990/1991, evidenciando as últimas cinco safras<sup>9</sup>. A produção de cana nas regiões Centro/Sul tem aumentado a sua participação na produção nacional, que foi de 85% na safra de 2004/2005 chegando a 89% na safra de 2008/2009. O Estado de São Paulo produz sozinho quase 60% da cana no país.

Há um grande salto de produção entre as safras de 2000/2001 e 2008/2009, nas regiões Centro/Sul que passou de 205 milhões de toneladas para exatos 500 milhões de toneladas de cana moída. Cabe ressaltar que a região Nordeste participou em 11% da produção de açúcar do país no ano de 2008, proporção essa que caiu sistematicamente, principalmente a partir da safra de 2000/2001.

<sup>9</sup> Quando se trata de safra agrícola, o período de cultivo e colheita de um determinado produto está determinado pelo clima e não pelas convenções humanas. O ano-safra na cana-de-açúcar inicia-se em abril e termina em março do ano seguinte. Na região Centro-Sul a safra inicia em abril (início do corte da cana) e vai até dezembro, na região nordeste se inicia em setembro e termina em março do ano seguinte (Bressan Filho, 2008).

(em mil toneladas)



Nota: trata-se de produção de cana moída.

Fonte: MAPA, 2009.

Gráfico 1 - Produção brasileira de cana de açúcar, por região.

O estado do Paraná é o segundo maior produtor de cana de açúcar, no entanto com participação de apenas 8%. O terceiro maior Estado é Minas Gerais com 7% da produção nacional. Os estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo mais que dobraram seu nível de produção no período de 1990 a 2007, enquanto o Rio de Janeiro manteve sua produção estável no mesmo período.

Por outro lado os estados do Nordeste como: Pernambuco, Alagoas e Paraíba, tradicionais produtores de cana de açúcar para a indústria açucareira, tiveram queda no nível de produção. Os estados do Rio Grande do Norte, Maranhão, Sergipe e Ceará mantiveram uma produção estável.

#### ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO DE CANA DE AÇÚCAR ATÉ 2019

As estimativas mais recentes para o fechamento da safra 2009/10 indicam que a moagem da cana-de-açúcar no país deve situar-se em torno de 600 milhões de toneladas, sendo 540 milhões processadas na região Centro-Sul e 60 milhões na região norte-nordeste. A União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA) estima que a região Centro-Sul deva processar 590 milhões de toneladas<sup>10</sup> na safra 2010/2011.

As projeções de longo prazo, tendo em vista as recentes mudanças na economia mundial, tornam mais difíceis as estimativas de avanço da cultura de cana nos próximos anos no país. Estimativas de produção e de área colhida, tendo como horizonte a safra de 2018/2019, são de uma produção em torno de 830 milhões de toneladas em uma área de 9,5 milhões de hectares, conforme tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Estimativas da produção de cana de açúcar no Brasil, por safra.

Região	Safra (t)				
	2010/2011	2012/2013	2014/2015	2016/2017	2018/2019
Norte/Nordeste	74.538.302	78.240.369	82.463.184	87.107.490	92.340.091
Centro/Sul	527.946.631	574.494.507	626.410.447	684.168.400	743.232.930
Total	602.484.933	652.734.877	708.873.631	771.275.890	835.573.021

Fonte: Agriannual, 2009.

<sup>10</sup> Observa-se, também, que a maior parte da produção de álcool ainda é realizada pelas usinas que processam tanto o açúcar quanto o álcool (anexas), sendo pequena a produção das unidades que produzem somente álcool (autônomas).

As premissas básicas levadas em conta na estimativa de área plantada e de produção da cana-de-açúcar de longo prazo, elaborada pela CONAB e AgraFNP (Agrianual, 2009), são:

- manutenção do preço alto do petróleo (resultando em mudanças no padrão de consumo do petróleo no país).
- viabilidade técnica e econômica do etanol de segunda geração (uso do bagaço e da palha da cana para a produção de etanol pode aumentar a eficiência produtiva das usinas em até 30%).
- possibilidade de haver concorrência de outras matérias primas ricas em celulose.
- o Estado de São Paulo deve manter o ritmo de crescimento e se consolidam novas fronteiras agrícolas em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás.

Tabela 3 - Estimativas para área de cana de açúcar colhida no Brasil.

Regiões	Safras (ha)				
	2010/2011	2012/2013	2014/2015	2016/2017	2018/2019
Norte/Nordeste	1.152.365	1.188.454	1.228.391	1.272.856	1.322.660
Centro/Sul	6.313.488	6.756.739	7.243.033	7.777.874	8.308.664
Total	7.465.853	7.945.193	8.471.424	9.050.731	9.631.324

Fonte: Agrianual, 2009.

A crise mundial atual foi um freio no crescimento do setor que se manifestou através do crédito escasso, reduzindo o capital de giro e a capacidade de processar a matéria prima disponível pelas usinas. A expansão da produção de álcool e o setor, como um todo, foi atingido pelas crises de liquidez e preço em um momento de grande expansão. Uma análise do mercado de açúcar evidencia a tendência atual de que a redução no mix do álcool será destinada para o aumento da produção de açúcar.

#### INCORPORAÇÃO DE NOVAS ÁREAS

Atualmente, para atender à demanda industrial em expansão, a expectativa é de crescimento substancial da produção de cana. O crescimento da demanda<sup>11</sup>, tanto do açúcar quanto do álcool sugere a necessidade de incorporação de novas áreas. Considerando que a cana utiliza somente 10% da área agrícola atual e que existe uma grande disponibilidade de terras agricultáveis, o grande problema que se apresenta é a concentração espacial em terras de alta fertilidade na região Centro/Sul, principalmente em São Paulo, que também absorve a maioria dos investimentos do agronegócio.

A região do Oeste Paulista reunia uma série de condições para a produção de cana, desde o início do século XX. Com as crises que assolavam os cafezais, a cana de açúcar assumiu peso econômico com a expansão da agroindústria, calcada basicamente para atender o mercado interno, em crescimento tanto pelo aumento populacional, quanto pela migração das pessoas do campo para a cidade. Com o choque do petróleo nas décadas de 1970 e 1980, as linhas de crédito criadas para a ampliação das usinas, e ainda a construção de novas unidades de produção foram quase que diretamente direcionadas para a área (Bonilha, 2007).

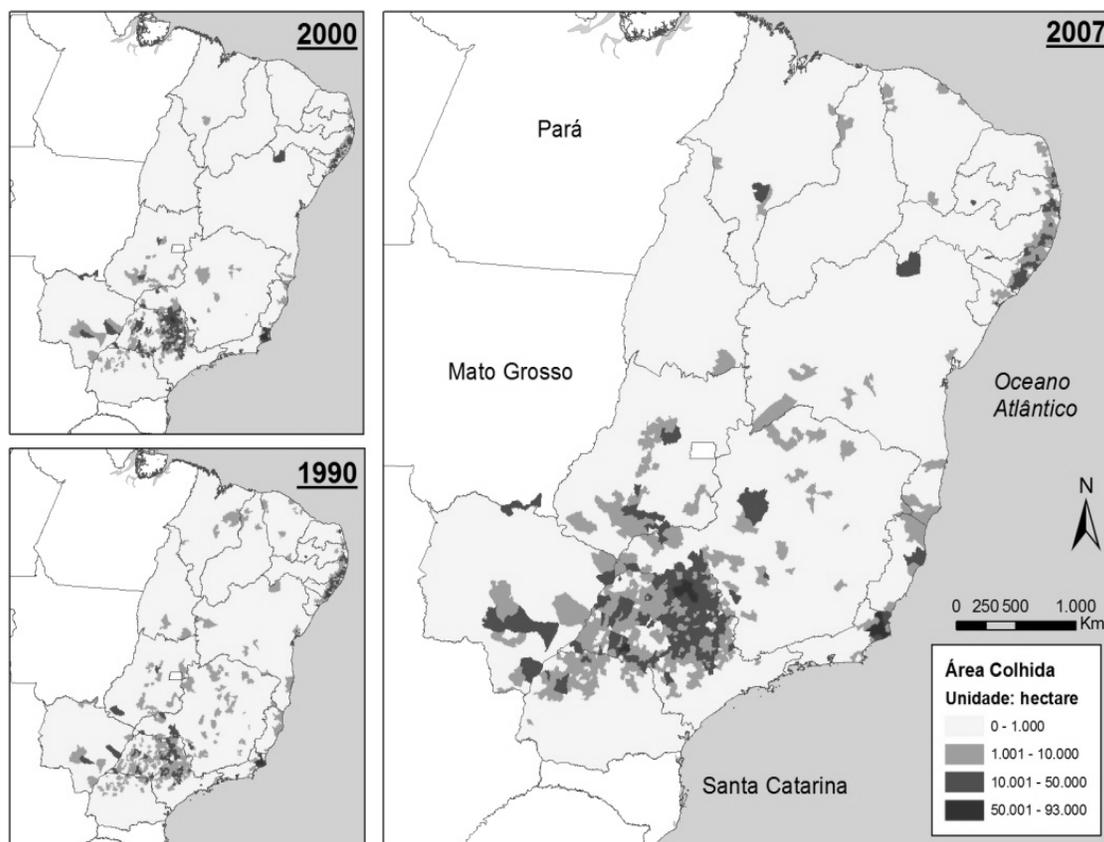
Embora tenham surgido programas que a princípio foram propostos em escala nacional, a expansão do cultivo da cana beneficiou principalmente a região do Oeste Paulista. Essa expansão apresentou alguns momentos de estagnação, mas nos últimos anos vem crescendo vigorosamente. Um fato importante foi a desregulamentação do setor sucroalcooleiro, ou seja, o fim da intervenção pública na década de 1990,

<sup>11</sup> A indústria sucroalcooleira é a maior consumidora do volume de cana moído, sendo que 86% é absorvido pelas usinas de açúcar e álcool.

estimulando a ação do setor privado na busca por novos mercados e de formas de comercialização, além do aumento da produtividade (Vieira Junior, P.A. et al, 2007).

O mapa 1 apresenta a incorporação de novas áreas desde 1990 até 2007. Os mapas foram elaborados com dados da área colhida municipal dos principais estados produtores. No período de 1990 a 2007, o estado de São Paulo concentra grande parte da produção nacional. Apresenta-se com destaque na colheita da cana, o litoral nordestino (tradicional produtora de açúcar) e a região de Campos, no estado do Rio de Janeiro.

Mapa 1 - Evolução da área colhida de cana de açúcar – de 1990 a 2007.



Fonte: Elaboração própria. Produção Agrícola Municipal 1990, 2000 e 2007.

Observa-se a consolidação e o adensamento da produção em São Paulo e no avanço sistemático, ao longo dos anos para o Paraná, Mato Grosso do Sul e Goiás. A expansão para a região Centro Oeste deve alertar para as condições que esse processo se dará, no que diz respeito a possíveis pressões sobre os recursos naturais.

#### MERCADOS PARA A CANA DE AÇÚCAR

O setor sucroalcooleiro opera em dois mercados concorrenciais: o do etanol e do açúcar, que utilizam no Brasil a mesma matéria prima – a cana de açúcar.

O *mix* produtivo (percentual destinado a cada produto) da indústria sucroalcooleira pende para o álcool ou para o açúcar dependendo da conjuntura do mercado. A região centro-sul, maior região produtora e exportadora do país, detém cerca de 90% da produção nacional do etanol e 86% da produção nacional de açúcar.

A tabela 4 mostra o crescimento nas últimas décadas da produção do etanol e do açúcar. A produção de etanol dobrou nas últimas safras posteriores ao ano de 2000, enquanto a produção de açúcar cresceu muito após 1990, mas permaneceu constante nas últimas safras.

Tabela 4 - Produção brasileira de etanol e açúcar.

Produto	Safr						
	1990/1991	1995/1996	2000/2001	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
Açúcar (t)	7.365.341	12.651.084	16.020.340	26.214.391	30.701.281	31.297.619	31.504.983
Álcool (m <sup>3</sup> )	11.515.151	12.716.759	10.517.535	15.806.930	17.931.651	22.445.979	27.674.079

Fonte: MAPA, 2009.

A relação entre produção de cana de açúcar e a produção de açúcar e etanol, evidencia o crescimento da produção do etanol e a manutenção da produção do açúcar nas últimas safras. A tabela 7 mostra que o consumo interno do açúcar é pequeno em relação ao que excede para exportação, enquanto o etanol tem um crescente consumo interno e baixo excedente para exportação.

Tabela 5 - Resumo da safra de 2006/07 e estimativa da safra de 2010/2011.

Destino da Safra	2006/07	2010/011
Produção de cana-de-açúcar (milhões de t)	430	601
Área cultivada (milhões de ha)	6,3	8,5
Açúcar (milhões de t)	30,2	34,6
Consumo interno	9,9	10,5
Excedente para exportação	20,3	24,1
Etanol (milhões de litros)	17,9	29,7
Consumo interno	14,2	23,2
Excedente para exportação	3,7	6,5

Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017 (2009).

O Brasil conta atualmente com cerca de 420 usinas produtoras de açúcar e álcool. Existem no setor sucroalcooleiro 248 usinas que fabricam prioritariamente o açúcar e possuem destilarias anexas que produzem o álcool, 157 usinas que industrializam somente álcool, que são as destilarias independentes e 15 processadoras apenas de açúcar (Congo, 2009).

### **Mercado do etanol**

A comercialização do etanol ainda não tem grande inserção no mercado internacional, sendo o mercado interno ainda o grande consumidor do produto. Ainda não se trata de uma *commodity* e a principal questão em relação ao crescimento do mercado é a diferença entre o preço do etanol e o preço do petróleo.

O mercado interno aquecido pela nova geração de veículos com motores bicombustíveis e pelo aumento da demanda por combustíveis renováveis registrou um impulso na produção a partir do ano 2003. As vendas de automóveis e veículos comerciais leves, modelo bicombustível (*flex-fuel*), somaram 284.448 unidades em março de 2010, o que representa quase 90% do total das vendas no período. O resultado consta do site da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2010). Os dados indicam um avanço em relação ao desempenho de janeiro de 2010, quando as vendas foram de 186.657 unidades e para se ter uma idéia do crescimento, um ano antes - em fevereiro de 2009 - as vendas de carros *flex* foram de 166.812 unidades. O total das vendas desse tipo de veículo desde seu lançamento em março de 2003 até dezembro de 2009, já somou quase 10 milhões de veículos e representam, atualmente, uma proporção de 40% da frota nacional de veículos leves.

O mercado internacional do etanol tem atualmente um cenário negativo devido a atual queda no preço do petróleo e à redução nas exportações para os Estados Unidos. As barreiras internacionais, como tarifas, utilizadas por países como os Estados Unidos para encarecer o álcool brasileiro, protegem a indústria local que utiliza o milho como matéria prima na fabricação do etanol. Por outro lado, o acesso a mercados internacionais tem como requisito básico a existência de padrões mínimos de qualidade do produto, através de normas para a comercialização que ainda não estão disponíveis.

### **Mercado de açúcar**

O comércio de açúcar é mais consolidado e tem maior inserção, tanto no mercado interno como no externo: trata-se de uma *commodity* que pode se beneficiar via cambio/preço, ou seja, um aumento do preço externo do açúcar pode gerar um deslocamento da oferta interna para o mercado externo. Ao mesmo tempo sua demanda é inelástica em relação ao preço e à renda, tendo em vista que o açúcar é um bem essencial e de necessidade básica. O mercado de açúcar internacional apresenta instabilidade de preços ocasionada por conta de formação de estoques (relação estoque/consumo), de especulações e quebra localizada de safra.

O aumento da produção mundial de cana reduziu os preços internacionais do açúcar nos anos de 2007 e 2008. Para o ano de 2009, os fundamentos do mercado de açúcar prevêm uma reversão desse cenário, em função da queda acentuada da produção em diversos países. As previsões apontam déficits mundiais que variam de 4,5 a 9 milhões de toneladas. A importação mundial de açúcar deve aumentar, sinalizando um aumento do mercado externo potencial para o Brasil nos próximos anos. Os principais mercados com potencial para a expansão das exportações brasileiras são: Índia, Paquistão, Dubai, União Européia e México (Jank, 2009).

Atualmente o preço do açúcar no mercado internacional está em alta, tendo em vista o cenário de déficit de produção mundial de açúcar e questões climáticas que mantêm a quebra das duas últimas safras na Índia, que é o segundo produtor mundial e o maior consumidor, onde as monções não têm trazido a umidade necessária para os solos, além do cenário mais recente de excesso de chuvas no Brasil (Fortes, 2009). Dentre as *commodities*, o açúcar tem sofrido a maior volatilidade dos contratos futuros<sup>12</sup>, medidas pelas oscilações diárias nos contratos futuros em Nova Iorque (Agroanalysis, 2008c).

### **Mercado de energia elétrica – co-geração**

Além dos mercados de açúcar e do etanol, o setor sucroalcooleiro tem um terceiro mercado que é o de energia elétrica. Trata-se da co-geração de energia elétrica com base na queima do bagaço da cana de açúcar processada, que pode se tornar uma fonte significativa para o mercado de energia, pela possibilidade de gerar excedentes de energia além da necessária para fazer funcionar a própria indústria de açúcar e do álcool. Essas sobras podem vir a ser importante fonte alternativa complementar para a matriz energética do país. Desde a sua implantação e em maior escala nas últimas décadas, muitas vezes face à indisponibilidade de energia e o alto custo, as indústrias sucroalcooleiras têm utilizado a co-geração para produzir simultaneamente energia elétrica e calor.

A energia gerada pela co-geração, excluindo o consumo próprio da usina, geraria um volume muito grande de energia excedente. É grande a quantidade de bagaço produzida, sendo equivalente a 30% da cana moída. De acordo com vários estudos realizados, o potencial de geração de eletricidade a partir de bagaço

<sup>12</sup> O mercado futuro agrícola é uma ferramenta essencial para o produtor que precisa garantir a renda, trata-se de uma opção eficiente do produtor rural se defender das oscilações de preço de seu produto no mercado internacional. A bolsa brasileira de mercado futuro é a BM&F BOVESPA que reúne compradores e vendedores (regulamenta e fiscaliza) diversos contratos de diversas mercadorias com um preço para uma data futura (vencimento futuro) e este compromisso é ajustado diariamente e tem liquidez, pode-se entrar e sair a qualquer momento, havendo total transparência no acompanhamento das cotações.

de cana no Brasil está estimado em aproximadamente 4.000 MW com as tecnologias comercialmente disponíveis (INFOENER, 2009).

Atualmente a co-geração de produtos de cana responde por 16% da oferta interna de energia elétrica conforme se observa na tabela 7. A partir do ano de 2007, a cana passou a ser a segunda fonte na matriz energética do Brasil, superando a energia hidráulica, perdendo somente para a o petróleo e derivados que representa 37 % das fontes usadas no país.

Tabela 6 - Oferta interna de energia – Brasil 2009

Tipo de Energia	2007	2008
	(%)	(%)
Energia não renovável	54,1	54,7
Petróleo e derivados	37,4	36,7
Gás natural	9,3	10,3
Carvão mineral e derivados	6,0	6,2
Urânio e derivados	1,4	1,5
Energia renovável	45,9	45,3
Energia hidráulica e eletricidade	14,9	13,8
Lenha e carvão vegetal	12	11,6
Produtos da cana de açúcar	15,9	16,4
Outros renováveis	3,2	3,5

Fonte: EPE/ MME, Balanço Energético Nacional, 2009.  
Resultados preliminares ano base 2008.

A geração adicional de energia elétrica exige altos investimentos além daqueles necessários à finalidade básica da indústria sucroalcooleira e, por isso, ainda não foi feita na maioria das usinas. Atualmente já existem usinas modernas com melhor aproveitamento do bagaço, enquanto ainda subsistem usinas antigas com tecnologia pouco eficiente. O preço dessa energia depende das distribuidoras e dos investimentos necessários para a comercialização<sup>13</sup>. Ao mesmo tempo a garantia de venda da energia elétrica pelas usinas a um preço apropriado é o maior entrave que dificulta a implantação de utilização eficiente desse potencial de geração de energia (Machado, 2002).

Fica claro o potencial da co-geração de energia, quando se leva em conta as dificuldades do setor sucroalcooleiro em comercializar a energia gerada. Falta somente que o governo estipule regras de comercialização para a maior segurança dos investimentos do setor sucroalcooleiro.

#### DO PROÁLCOOL AOS CARROS FLEX

O Programa Nacional do Álcool - PROALCOOL foi criado pelo Governo Federal com o objetivo de amenizar o problema energético nacional, com o primeiro choque do petróleo em 1975, reduzindo a importação do combustível fóssil. Foi o primeiro e maior programa comercial de utilização de biomassa para produção de energia no mundo e representou iniciativa de maior sucesso na substituição dos derivados de petróleo no setor automotivo, a partir do uso de álcool como único combustível nos veículos movidos a álcool hidratado.

<sup>13</sup> Exemplificando: no ano de 2008, das 343 usinas instaladas no país até então, foram gerados 3.079 MW por hora, equivalente a produção de uma grande usina hidroelétrica, no entanto somente 508 MW foram oferecidos a rede de distribuição elétrica (Agroanalysis, 2008a).

Até o final da década de 80, o governo manteve a continuidade do programa de produção de álcool nas unidades açucareiras e destilarias independentes, também através de financiamentos e de uma rede de distribuição do combustível. No entanto, essa tutela administrativa da produção, exportação e preços pelo Estado, por muitas décadas não estimulou a competição entre as unidades produtivas e entre as distribuidoras. Na década de 90 o governo reduziu os incentivos à produção e a baixa do preço do petróleo fez com que a gasolina recuperasse espaço no mercado automotivo. Ainda na década de 90 houve a introdução do gás natural no mercado de combustíveis automotivos, incentivado pelos preços baixos do gás boliviano.

No entanto, somente a partir de 2003, com o surgimento dos veículos tipo *flex-fuel* o mercado de etanol sofreu uma forte recuperação, que tem mostrado alto potencial de crescimento. A participação do Estado, atualmente, se concentra no monitoramento da qualidade do combustível, na arrecadação fiscal e nos percentuais de mistura do álcool anidro na gasolina (Maistro, 2008). O sucesso dos carros *flex* e o preço bastante competitivo do álcool em relação à gasolina fizeram com que o ano de 2008 passasse a ser considerado um marco para a indústria sucroalcooleira no Brasil, pois o volume de álcool comercializado foi, pela primeira vez, maior do que o da gasolina, segundo dados do Ministério de Minas e Energia (Congo, 2009).

## Biodiesel

O biodiesel é um combustível limpo que não produz gases poluentes, como aqueles emitidos pelo equivalente combustível originado do petróleo. Na busca por novas alternativas de energia, o biodiesel é um combustível biodegradável, oriundo de oleaginosas e de gorduras animais. O biodiesel é perfeito substituto para o óleo diesel de petróleo em motores de veículos – caminhões, tratores e automóveis e também em motores geradores de eletricidade.

Desde a década de 70 existiam pesquisas relativas à adoção de óleos vegetais como combustível no país, sendo que o Brasil passou a deter o processo de produção através do registro de patente<sup>14</sup> para produção de biodiesel e querosene vegetal de aviação. No entanto, apesar da viabilidade técnica, as tentativas para o desenvolvimento do mercado para o produto não se concretizaram, tendo em vista os elevados custos de produção do biodiesel em relação ao óleo diesel.

A introdução do biodiesel na matriz energética brasileira somente no início da década atual, se deveu a elevação dos preços do óleo diesel tradicional e no interesse do governo em reduzir sua importação, tendo sido regulamentada através do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel<sup>15</sup> - PNPB, lançado em dezembro de 2004.

### DIVERSIDADE DE MATÉRIAS PRIMA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Existe no Brasil uma grande variedade de oleaginosas que podem ser destinadas a produção de biodiesel. As principais oleaginosas utilizadas na produção do biodiesel no país são: a soja, o algodão, a mamona, o

<sup>14</sup> Registro de patente do engenheiro químico Expedito Parente, concedida em 1977, atualmente já de domínio público.

<sup>15</sup> O PNPB é um programa interministerial do governo federal criado com o objetivo de promover o biodiesel como uma alternativa energética sustentável, sob os aspectos técnicos, econômicos e ambientais, promovendo a inclusão social, preços competitivos e o estímulo a produção regional de oleaginosas. Através da Lei Federal 11.097 de 13 de janeiro de 2005, o governo estabeleceu os percentuais mínimos de mistura e escalonou a introdução no mercado nacional. Em uma primeira fase, até o ano de 2007, seria voluntária a adição de um percentual mínimo de 2% de biodiesel ao óleo diesel comercializado em qualquer parte do território nacional. Na segunda fase o objetivo será assegurar a normalidade do suprimento de biodiesel com o início da mistura obrigatória de 2% ao óleo diesel. A partir do ano de 2008, a lei tornou obrigatória, em escala nacional, a adição de 2% de biodiesel (B2) no diesel mineral que deveria atingir 5% até 2013. A disponibilidade do produto fez com que o Conselho Nacional de Política Energética – CNPE antecipasse o aumento dessa mistura da seguinte forma: julho de 2008: 3,0% (B3); julho de 2009: 4,0% (B4) e janeiro de 2010: 5,0% (B5). Preferencialmente a matéria prima deve ser oriunda de agricultura familiar, inclusive as resultantes de atividade extrativista (PNPB, 2006).

pinhão-manso e o amendoim. Também são usados no processo, mas em pequena escala, o dendê e o girassol, existindo outras oleaginosas com potencial como o babaçu, a canola, o gergelim e o nabo. O Brasil é um dos países no mundo com mais condições propícias ao cultivo desses produtos agrícolas, indicando o país como um dos grandes fornecedores de matérias primas para a industrialização de biodiesel.

O Quadro 2 apresenta informações técnicas como produtividade e teor médio de óleo das oleaginosas utilizadas na produção de biodiesel.

Quadro 2 - Informações técnicas das oleaginosas produtoras de biodiesel

Espécie	Teor de óleo (%)	Produtividade (kg/ha ano)	Produção de óleo (kg/ha ano)	Ciclo
Amendoim	49	1.800	882	120-180 dias
Babaçu	4	15.000	600	12 meses
Canola	38	1.800	684	130-140 dias
Algodão	15	1.800	270	160 dias
Dendê	20	10.000	2.000	12 meses
Gergelim	39	1.000	390	120-180 dias
Girassol	42	1.600	672	90-140 dias
Mamona	44	1.500	660	100-300 dias
Nabo	29	500	145	100 a 120 dias
Pinhão-manso	40	8.000	3.200	perene
Soja	19	2.200	418	120 dias

Fonte: Abdalla *et al*, 2008.

Observa-se que o dendê, o pinhão-manso e o babaçu destacam-se em relação ao volume de óleo produzido por hectare. Nas culturas de mamona, girassol, amendoim e pinhão-manso se encontram os maiores teores de óleo, enquanto a maior produtividade se encontra no babaçu, dendê e pinhão-manso. Observa-se que o dendê é uma cultura permanente com uma alta produtividade assim como o babaçu. Ressalta-se, no entanto, que a tecnologia para extração do óleo (mundialmente conhecido como óleo de palma) é pouco desenvolvida (o problema da produção do dendê – palma africana – não é na fase industrial e sim na fase agrícola, porque necessita de muita mão-de-obra no manejo e na colheita. Além disso, somente se desenvolve satisfatoriamente em clima equatorial (em geral, na linha do equador). No recôncavo baiano temos um clima similar ao equatorial (muita umidade e sol) e a produção do famoso óleo de dendê, que é comercializado sem refino e no país apenas a região Norte é propícia economicamente ao seu cultivo.

#### SOJA: A MATÉRIA PRIMA MAIS UTILIZADA NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL

A soja é o principal grão produzido no Brasil e ocupa a maior área de cultivo. No mundo, 60% da matéria prima utilizada na produção do biodiesel é proveniente da soja (Agrianual, 2009). É um grão rico em proteína, cultivado como alimento, tanto para humanos como para animais (ração). Os produtos derivados da soja incluem óleos, farinha, sabão, cosméticos, resinas, tintas, solventes e biodiesel.

A soja é a matéria prima mais usada para a produção de biodiesel também no Brasil, respondendo a cerca de 80% da produção no país<sup>16</sup>, isso tendo em vista que já existia uma estrutura agrícola previamente desenvolvida. A concentração da soja na produção de biodiesel ocorre por fatores como (Dall’Agnol, 2007):

- tecnologia de produção bem definidas e modernas.
- ampla rede de pesquisas já consolidada.
- cultivo tradicional e bem adaptado aos solos.

<sup>16</sup> No Brasil a soja corresponde a 80% da produção de biodiesel nas usinas, com os demais 15% provenientes de gorduras animais e os 5% restantes são obtidos das demais oleaginosas.

- rápido retorno do investimento com ciclos de safras de 4 a 5 meses.
- possibilidade de armazenagem por longo tempo.
- o bom desempenho do biodiesel nacional tem sido estimulado pelos bons preços no mercado e pelo aumento da demanda nacional e internacional.

O Brasil é o segundo maior produtor no mercado internacional, estando os Estados Unidos ainda na liderança da produção mundial. Atualmente o consumo mundial cresce em ritmo superior ao da produção, resultando em diminuição de estoques e aumento de preço da *commodity* (Agriannual, 2009).

A cultura de soja é produzida em grande escala no Brasil e bastante espalhada nos principais estados produtores. O óleo de soja, entre os óleos vegetais disponíveis no Brasil, é o que atende ao processo de industrialização do biodiesel, pois tem escala de produção para aumentar rapidamente a oferta, mesmo considerando que outras oleaginosas apresentam maior rendimento.

#### PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL

O biodiesel fabricado a partir do óleo vegetal extraído das oleaginosas pode ser obtido por meio de diferentes processos de industrialização, sendo o mais usado o processo químico de transesterificação<sup>17</sup> nas instalações produtoras de biodiesel autorizadas, que segundo LEIRAS (2006):

*“consiste na reação química de um óleo vegetal com um álcool na presença de um catalisador, usualmente hidróxido de sódio ou de potássio. Como resultado, obtém-se ácidos graxos, glicerina e biodiesel (éster metílico ou etílico, conforme o álcool utilizado - metanol ou etanol, respectivamente). A glicerina é um co-produto de alto valor que deve ser considerado na análise econômica da cadeia do biodiesel”.*

No processo, cada 100 quilos de óleo reagem com 10 quilos de álcool, o que gera 100 quilos de biodiesel e 10 quilos de glicerina (Valor Econômico, 2007).

O processo de beneficiamento da soja, incia-se com o esmagamento, no qual basicamente se separa o óleo bruto (aproximadamente 20% do conteúdo do grão) do farelo de soja (80%) utilizado largamente como ração animal. O óleo bruto passa por um processo de refino até assumir propriedades ideais ao consumo como óleo comestível.

#### PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

É notória a capacidade da produção de soja responder ao aumento da demanda de biodiesel em curto prazo. No entanto, observa-se também que a sua escala de produção inviabiliza sua produção pela agricultura familiar<sup>18</sup>. O cultivo de soja não favorece a absorção de mão de obra familiar, tendo em vista a predominância de lavouras empresariais na sua produção.

A produção do ano de 2009 indica uma área plantada/colhida de 21 milhões de hectares, enquanto a produção de soja foi de 59 milhões de toneladas. Considerando o crescimento de 81% da área plantada desde 1990 até 2008, encontramos um crescimento da produção de quase 200%.

O aumento da produtividade 1,73 t/ha em 1990 para 2,81 t/ha em 2008 é o resultado de um nível de conhecimento tecnológico que faz a cultura da soja altamente competitiva, conforme se observa na tabela 7.

<sup>17</sup> Destaca-se ainda a existência dos processos de craqueamento (decomposição térmica) e de esterificação (formação de um éster), que, no entanto, não são largamente utilizados.

<sup>18</sup> Trata-se de premissa básica do PNPB promover a inclusão social e estimular a produção regional de oleaginosas.

Tabela 7 - Evolução da produção, área plantada e produtividade da soja no Brasil.

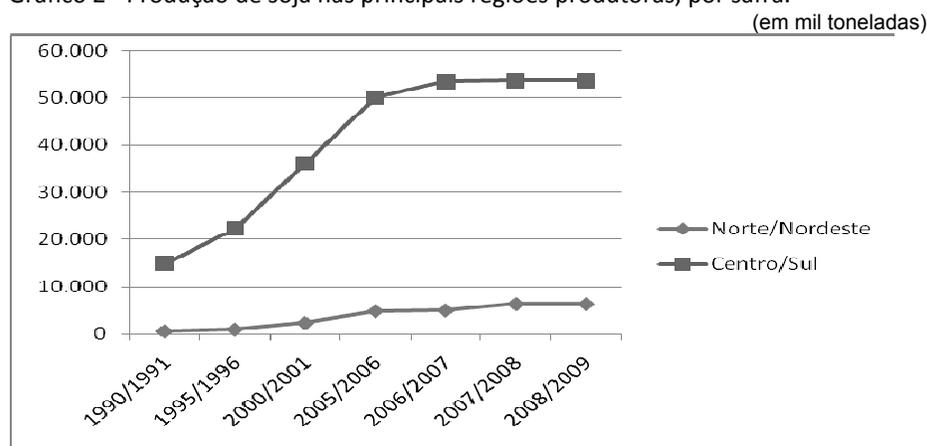
Ano	Área (milhões de hectares)		Produção (milhões de t)	Produtividade (t/ha)
	Plantada	Colhida		
1990	11,6	11,5	19,9	1,73
1995	11,7	11,7	25,7	2,20
2000	13,7	13,7	32,3	2,40
2005	23,4	23,0	51,1	2,23
2006	22,1	22,0	52,5	2,38
2007	20,6	20,6	57,9	2,81
2008	21,1	21,1	59,2	2,81

Fonte: IBGE, Pesquisa Agrícola Municipal 1990, 1995, 2000, 2005, 2006, 2007 e 2008.

Os principais estados cultivadores de soja são os de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul. Na atualidade o Mato Grosso se destaca como o maior produtor de grãos de soja, porém esta posição em 1990 era ainda ocupada pelo Rio Grande do Sul. Destaca-se que com o incremento de novas tecnologias como a introdução de sementes selecionadas mais resistentes ao calor e à menor disponibilidade de água, além de técnicas como a correção dos solos pobres do cerrado e a irrigação dos cultivos, com água oriunda de lençóis e poços subterrâneos, processo esses possíveis devido ao alto valor de venda da soja no mercado internacional.

O Gráfico 2 mostra as principais regiões produtoras de soja, evidenciando a predominância da região Centro/Sul que tem cerca de 90% do total da produção no país. Observa-se uma estabilização no crescimento dessa região nos últimos cinco anos, diferente do período de 1990 a 2006. No entanto, os maiores crescimentos percentuais em área plantada nas últimas safras foram na região Nordeste – no oeste baiano e na região de fronteira dos estados de Tocantins, Piauí e Maranhão (Agrifinal, 2009). O potencial de crescimento da produção de soja nessa região, que tem solo e clima favoráveis, é aumentado pela facilidade de escoamento da produção.

Gráfico 2 - Produção de soja nas principais regiões produtoras, por safra.



Fonte: MAPA, 2009.

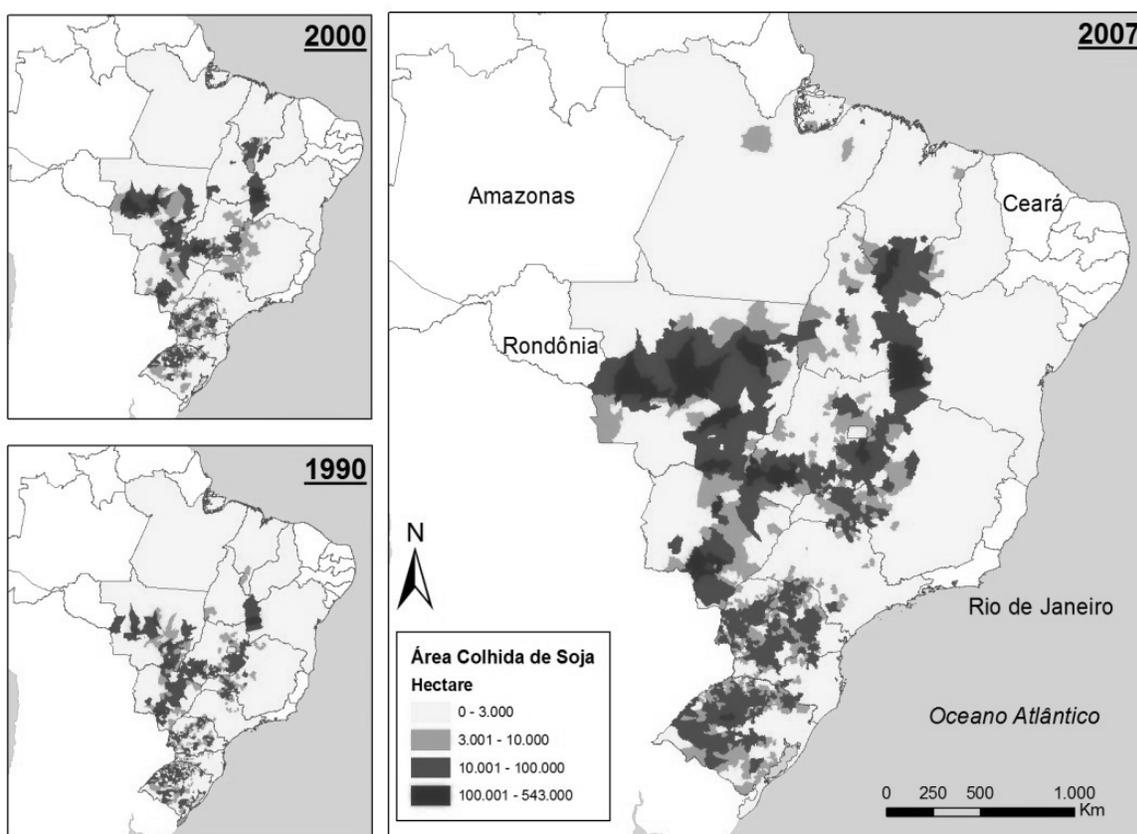
### INCORPORAÇÃO DE NOVAS ÁREAS

Data do fim do século XIX a introdução da cultura da soja no Brasil, que a época era cultivada com fins de cultura forrageira, eventualmente produzida para alimentação de animais. Inicialmente o estado de São Paulo foi o pioneiro na agricultura da soja, mas foi no Rio Grande do Sul que houve o desenvolvimento da cultura, devido às condições climáticas mais favoráveis, similares a da região sul dos EUA, que cedeu as primeiras sementes para o Brasil. Em meados dos anos 1950 era a melhor alternativa no verão para suceder o plantio de trigo cultivado no inverno (Embrapa, 2004).

Os primeiros registros de cultivo ocorrem na década de 1910 e somente a partir dos anos de 1940 a soja adquire alguma relevância econômica. Somente na década de 1960 a soja se estabelece como cultura de importância econômica no Brasil. Em 1970 se consolida como principal cultivo agrícola voltado para exportação, com produção centrada basicamente na Região Sul.

O Mapa 2 mostra o crescimento da área colhida de soja desde 1990 até 2007. Observa-se que a Região Centro-Oeste se consolida como principal produtora, sobretudo o estado do Mato Grosso, graças às novas tecnologias aplicadas no campo. Observa-se o adensamento da produção em todos os estados produtores e principalmente no Mato Grosso, no oeste baiano e na região de fronteira dos estados de Tocantins, Piauí e Maranhão.

Mapa 2 - Evolução da área colhida de soja – de 1990 a 2007.



Fonte: Elaboração própria. Produção Agrícola Municipal 1990, (2000 e 2007).

## Mercado da soja

A soja também produz farelo e óleo e enquanto a produção do grão cresceu cerca de 20% nas últimas safras e, em face do grande volume de exportação do produto *in natura*, a produção de farelo e de óleo cresceu por volta de 10%. O consumo interno tanto do farelo (39%) quanto do óleo de soja (36%) cresceram mais que o consumo interno do grão (12%), conforme se observa na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 - Produção e consumo interno de soja, farelo e óleo.

Safrá	Soja (t)					
	Produção			Consumo interno		
	Soja	Farelo de soja	Óleo de soja	Soja	Farelo de soja	Óleo de soja
2003/04	49.988.900	22.673.000	5.510.400	31.090.000	8.500.000	3.101.000
2004/05	52.304.600	23.127.000	5.692.800	32.025.000	9.100.000	3.050.000
2005/06	55.027.100	21.918.000	5.479.500	30.383.000	9.780.000	3.150.000
2006/07	58.391.800	23.947.000	5.909.000	33.550.000	11.050.000	3.550.000
2007/08	60.051.600	24.948.000	6.156.000	35.050.000	11.800.000	4.100.000

Nota: até julho de 2008 para cana de açúcar e setembro de 2008 para soja.

Fonte: Agriannual, 2009.

O principal destino das exportações do grão produzido no Brasil é a China, com pouco mais de 50% do total exportado, o equivalente a aproximadamente 9 milhões de toneladas e o restante é comprado por vários países europeus, destacando-se os Países Baixos, a Espanha, a Itália e a Alemanha. Os principais países produtores de soja no mundo são os Estados Unidos, o Brasil e a Argentina, que juntos produzem 80% da produção mundial, consumindo 50% da sua produção e exportando o excedente, ressaltando, porém que o Brasil é o maior exportador mundial (Agriannual, 2009).

A exportação do grão cresceu em 38%, enquanto a exportação de farelo e do óleo de soja diminuiu no período, significando que o mercado interno tem absorvido a produção diminuindo o excedente exportado. A importação de soja é insignificante, não correspondendo a 0,5% do consumo nacional e que apenas 5% da produção é destinada ao estoque, ressaltando a posição dessa *commodity* no Brasil (Tabela 9).

Tabela 9 - Exportação de soja, farelo e óleo.

Safrá	Soja (t)		
	Soja	Farelo de soja	Óleo de soja
2003/04	19.247.700	14.485.600	2.517.200
2004/05	22.435.100	14.421.700	2.697.100
2005/06	24.957.900	12.332.400	2.419.400
2006/07	23.733.800	12.498.100	2.342.500
2007/08*	25.750.000	13.200.000	2.120.000

Nota: até setembro de 2008.

Fonte: Agriannual, 2009.

O complexo soja (grão, farelo, óleo) é líder nas exportações do agronegócio brasileiro.

Os preços da *commodity* são formados na bolsa de Futuro de Chicago, pois as empresas americanas participam em 90% da comercialização global da soja, exercendo papel importante na formação do preço mundial. Para o ano de 2008, o preço da tonelada de soja no Brasil chegou a R\$ 568,49, o menor preço das últimas dez safras. Tal fato pode estar associado ao enorme aumento da produção que dobrou no mesmo período, passando de 30 para 60 milhões de toneladas. A mesma tendência de aumento de produção e queda do preço foi verificada para o farelo e o óleo de soja (Agriannual, 2009).

Apesar da obrigatoriedade de adição do biodiesel, fato que ocasionou a abertura de usinas produtoras de biodiesel e de postos revendedores, a logística de distribuição ainda encontra fragilidades. Por outro lado, também a disponibilidade da matéria prima é o grande entrave para a produção do biodiesel. Levando-se em conta que a ampliação da porcentagem da mistura de biodiesel ao diesel para 3% significou a necessidade de uma produção anual de 1,26 bilhões de litros do combustível, constata-se que a produção de biodiesel foi de somente 400 milhões de litros em 2007 (Agroanalysis, 2008d).

### Do PNPB até hoje

A legislação específica sobre o biodiesel e as diretrizes do PNPB têm como premissa básica atender aos aspectos socioeconômicos dessa atividade. Além de promover a redução da importação de petróleo, a criação de oportunidades de exportação e o desenvolvimento tecnológico, pretende também abordar os aspectos ambientais (desenvolvimento de energia renovável e a redução da emissão de gases estufa) e os aspectos sociais, estimulando a agricultura familiar e a redução das desigualdades regionais.

Como medidas para estimular a inclusão social, através da agricultura na cadeia produtiva do biodiesel, o governo lançou o programa Selo Combustível Social<sup>19</sup>. No ano de 2005 foram lançadas duas Instruções Normativas (n.º 1 e 2), nas quais o enquadramento social de projetos e empresas permite o acesso a financiamentos do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) e de outras instituições financeiras e também a redução de alguns tributos. Para tal, as empresas dessa cadeia produtiva precisam dar garantias de compra da produção agrícola por preços pré-estabelecidos, trazendo segurança ao produtor. Os agricultores também são contemplados com facilidade de empréstimo junto a bancos integrantes do programa (PNPB, 2009).

A definição das matérias primas básicas do biodiesel é de importância crucial para o PNPB. As pesquisas e a experiência<sup>20</sup> já acumulada trouxeram avanços que podem mudar o setor e concluir que a melhor política é explorar as múltiplas opções adequadas a cada situação além de revelar um grande potencial na geração de empregos. O PNPB tem apresentado um resultado bastante positivo e hoje o Brasil já é um dos maiores produtores e consumidores do mundo de biodiesel.

### Considerações finais

O grande desafio do Brasil é consolidar a liderança na utilização da bioenergia como combustível automotivo. Enquanto no resto do mundo procuram-se alternativas para reduzir a dependência do petróleo, o país está ainda em posição privilegiada, tendo em vista a experiência e as alternativas apresentadas à matriz de combustíveis nos últimos 40 anos.

Nesse período o Brasil apresentou marchas e contra marchas na substituição de etanol e diesel por gasolina. O atual sucesso do carro flex é fruto dessa experiência adquirida desde a década de 70, com o lançamento do PROÁLCOOL, que incentivou o uso do álcool anidro misturado à gasolina até surgimento dos veículos flex em 2003. Por outro lado, o biodiesel para se tornar competitivo em relação ao diesel mineral requer ainda muito investimento em pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Mas pode-se afirmar que o mesmo potencial apresentado pelo etanol se vislumbra para a produção do biodiesel no Brasil.

### Referências bibliográficas

- ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C; GODOI, A. R; CARMO, C.A.; EDUARDO, J. L. P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 37, Viçosa, 2008.
- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. Agra FNP Pesquisas Ltda, São Paulo, 2009.
- AGROANALYSIS. Caminho de Recordes: cadeia sucroalcooleira I. v. 28 n.º3. Fundação Getúlio Vargas – FGV. Rio de Janeiro, 2008a.

<sup>19</sup> No âmbito do Selo Combustível Social, programa destinado à geração de emprego e renda para agricultores familiares a expectativa ainda na safra de 2008 era de atender a 100.000 famílias, gerando 200.000 postos de trabalho (MME, 2009).

<sup>20</sup> A ênfase na produção da mamona oriunda da agricultura familiar tem sido revista após algumas iniciativas que malograram para que se reconhecesse o real valor do óleo de mamona, que não é uma boa matéria prima para o biodiesel (Agrianual, 2009).

- AGROANALYSIS. Pesquisa Agrícola: os novos investimentos e o futuro da agricultura tropical, Caderno
- AGROANALYSIS. Açúcar e álcool: produção em crescimento. v. 28 n 4. Fundação Getúlio Vargas - FGV. Rio de Janeiro, 2008c.
- AGROANALYSIS. Biodiesel: Linha Vermelha. 28 nº 5. Fundação Getúlio Vargas - FGV. Rio de Janeiro, 2008d.
- ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Estatísticas: autoveículos – vendas internas em 2010. Disponível no site <http://anfavea.com.br>, 2010.
- CONGO C. Agroeconomica, Informações do mercado de cana, açúcar e álcool. Disponível no site <http://www.deere.com.br>, acesso em 27 de julho de 2009.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (Resultados preliminares ano base 2008). Empresa de Pesquisa Energética – EPE; Ministério de Minas e Energia – MME, Brasília, 2009.
- BONILHA, Ronam Papotti. Queima da palha da cana de açúcar: questões jurídicas e sócio-econômicas. Faculdade de Direito de Presidente Prudente – Monografia. Presidente Prudente - São Paulo, 2007.
- BRESSAN FILHO, A. O etanol como um novo combustível universal, Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, Brasília, 2009.
- DALL'AGNOL, A. (2007). Por que fazemos biodiesel de soja. Disponível no site [www.biodieselbr.com/colunistas/convidado/porque-fazemos-biodiesel-de-soja.htm](http://www.biodieselbr.com/colunistas/convidado/porque-fazemos-biodiesel-de-soja.htm) na data de 03/03/2010.
- EMBRAPA, (2004). A Soja no Brasil. Tecnologias da Produção de Soja na Região Central do Brasil. Embrapa Soja, Sistema de Produção n. 1.
- FLORIANI, C. G. Utilização da Terra: Brasil. Agroanalysis, Vol. 28, n. 5. Fundação Getúlio Vargas – FGV. Rio de Janeiro, 2008.
- FORTES, G. Preço do açúcar anima cadeia da cana. Folha *on line* no site <http://www1.folha.uol.com.br>, acessado em agosto de 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Agrícola Municipal 1990, 1995, 2000, 2005, 2006, 2007 e 2008, disponível no site [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br).
- JANK, M. S., Rodrigues A. P. Estimativa de safra 2009/2010: coletiva de imprensa. 2009. Disponível no site [www.unica.com.br](http://www.unica.com.br) acesso em 23 de julho de 2009.
- LEIRAS, A. A cadeia produtiva do biodiesel: Uma avaliação econômica do caso da Bahia. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.
- MACHADO, R.C., LIMA, M.H.R. Co-geração na produção de alumina no Brasil, 10º Seminário de Metais Não-Ferrosos, São Paulo, março de 2002.
- MAISTRO M. C M., BRAGATO, I. R., Expectativas e fatos. Agroanalysis, v. 28, n.3. Fundação Getúlio Vargas – FGV. Rio de Janeiro, 2008,
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário Estatístico da Agroenergia. Brasília, 2009.
- PLANO DECENAL DE EXPANSÃO ENERGÉTICA 2008/2017, MME, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética – EPE. v.2, Brasília, 2009.
- PNPB, Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, 2006. Disponível no site [www.biodiesel.gov.br/programa](http://www.biodiesel.gov.br/programa), acessado em diversas datas.
- PORTAL BIODIESEL, Proálcool: aspectos econômicos, 2009. Disponível no site [www.biodieselbr.com](http://www.biodieselbr.com), acesso em 21/9/2009.
- VALOR ECONÔMICO, Análise Setorial: Biocombustíveis, São Paulo, 2007

VIEIRA JUNIOR, P. A., BUAIANAIN A. M., VIEIRA, A. C. P, LIMA F., JARDIM, A produção brasileira de cana de açúcar e o deslocamento da fronteira agrícola do estado do Mato Grosso, Instituto de Economia, Campinas, 2007.

INFOENER – Sistema de Informações Energéticas. Cana de açúcar no Brasil. Disponível no site [http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br\\_cana.asp](http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_cana.asp). acesso em 17 de agosto de 2009.

