

# A ENERGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

*Doze estudos sobre a agroindústria da  
cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade*

Supervisão editorial:  
Mario Alberto de Almeida

Suporte administrativo:  
Denise Rodrigues Azevedo

Direção de arte:  
Bruno Berlendis de Carvalho

Capa:  
Bia Villela

Edição:  
Berlendis Editores Ltda.

UNICA  
Av. Brigadeiro Faria Lima, 2179 9º andar São Paulo, SP 01452-000 Brasil  
(11) 3812.2100 fax (11) 3812.1416 unica@unica.com.br  
www.portalunica.com.br

Berlendis Editores Ltda.  
Rua Moacyr Piza, 63 São Paulo, SP 01421-030 Brasil  
(11) 3085.9583 fax: (11) 3085.2344 editora@berlendis.com  
www.berlendis.com

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

A Energia da Cana-de-Açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade / Isaias de Carvalho Macedo organizador ; apresentação Eduardo Pereira de Carvalho. -- São Paulo : Berlendis & Vertecchia : UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, 2005.

Vários autores.

1. Agribusiness - Brasil 2. Agricultura sustentável 3. Cana-de-açúcar - Indústria e comércio - Brasil 4. Impacto ambiental - Estudos 5. Meio ambiente 6. Recursos naturais  
I. Macedo, Isaias de Carvalho. II. Carvalho, Eduardo Pereira de.

05-6253

CDD-338.173610981

Índices para catálogo sistemático:

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. Agroindústria : Cana-de-açúcar : Sustentabilidade : |               |
| Brasil : Economia                                      | 338.173610981 |
| 2. Brasil : Agroindústria da cana-de-açúcar :          |               |
| Sustentabilidade : Economia                            | 338.173610981 |
| 3. Cana-de-açúcar : Agroindústria : Sustentabilidade : |               |
| Brasil : Economia                                      | 338.173610981 |

# A ENERGIA DA CANADEAÇÚCAR

*Doze estudos sobre a agroindústria da  
cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade*

*Isaias de Carvalho Macedo*

*(Organizador)*

## Sumário

Prólogo	9	<b>III. Sustentabilidade da base de produção agrícola</b>	<b>172</b>
Agradecimentos	17	Capítulo 10:	
Autores	18	Variedades e proteção contra doenças e pragas	175
Prefácio	25	<b>IV. Impactos da produção em ações comerciais</b>	<b>182</b>
Síntese	27	Capítulo 11:	
Introdução	39	Competitividade da agroindústria brasileira da cana-de-açúcar	185
<b>I. Impactos no uso de recursos materiais</b>	<b>48</b>	<b>V. Impactos socioeconômicos do setor</b>	<b>194</b>
Capítulo 1:		Capítulo 12:	
Participação no uso de energia fóssil	51	Emprego e renda	197
Capítulo 2:		<b>Apêndices</b>	
Impactos no uso de materiais	65	Abreviaturas e unidades	226
<b>II. Impactos no meio ambiente</b>	<b>72</b>	Índice remissivo	228
Capítulo 3:		Índice onomástico	235
Impactos na qualidade do ar: cidades e área rural	77		
Capítulo 4:			
Impactos no clima global: emissões de gases de efeito estufa	87		
Capítulo 5:			
Impactos no suprimento de água	101		
Capítulo 6:			
Ocupação do solo: novas áreas de produção e biodiversidade	115		
Capítulo 7:			
Preservação dos solos agrícolas	135		
Capítulo 8:			
Uso de defensivos agrícolas	143		
Capítulo 9:			
Uso de fertilizantes	159		

**Prólogo:**  
**Entre o petróleo e o hidrogênio, o etanol é muito  
mais que uma transição neste século XXI**

*Eduardo Pereira de Carvalho*  
UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo

A matriz energética global necessita reverter uma tendência nítida durante 150 anos, período de expansão constante e vigorosa do petróleo. Diante das premissas e, de certo modo, induzidas pelas recomendações do Protocolo de Kyoto, sociedades que, há séculos, tinham o hábito de ditar soluções para todos, se vêem, agora, compelidas – até mesmo por pressões internas – a reconhecerem conceitos e dispositivos negociados em plano multilateral. Chega o momento da energia renovável: a humanidade descobre que tem a obrigação de conhecer as propriedades dos combustíveis recuperados de massa vegetal recém-colhida.

Há bilhões de novos consumidores, na imensa maioria cidadãos dos países emergentes, que se habilitam a usufruir, pela primeira vez, dos bens capazes de tornar a sua existência menos fatigante graças ao trabalho dos motores. Diante dessa vigorosa pressão sobre a demanda, a sociedade humana terá de se curvar antes do que se supunha às evidências de que o reservatório de combustíveis fósseis é finito e até mesmo bastante limitado.

A mais recente estimativa da Agência Internacional de Energia, divulgada no final de 2004, informa que no ano anterior a demanda global por todas as formas de energia tinha alcançado 10.500 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep), com crescimento de 70% em relação ao momento imediatamente anterior ao primeiro choque de preços (1973). Naqueles trinta anos cruciais, a participação dos países emergentes na demanda global cresceu dez pontos percentuais. A entidade projeta, para 2030, um novo aumento, de 50%, na demanda mundial de energia, com novo avanço na participação dos emergentes, que devem atingir 56% do mercado ao final do período.

Em apenas duas gerações, portanto, o fulcro do problema energético terá se deslocado radicalmente, pois as nações da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômicos (OCDE), responsáveis por 62% do consumo no início da década de 70, devem responder por apenas 44% em 2030. Com o abalo, pela primeira vez, da confiança dos usuários na segurança do

suprimento, o sinal decisivo do cartel dos exportadores de petróleo significou antes de tudo um desafio tecnológico aos olhos dos países já industrializados.

Agora, quando se divisa o futuro, essa mesma segurança energética quer dizer outra coisa: os mercados emergentes sentem-se obrigados a garantir seu abastecimento, independente da eficácia, e parecem menos inclinados a tomar decisões estratégicas deixando o tema das emissões ambientais para a agenda do mundo desenvolvido, onde já ocupa posição importante. Haverá por certo, durante o século XXI, uma convergência dessas duas realidades. As condicionantes para tal aproximação parecem hoje aceitas pela maioria dos analistas e partes intervenientes: a gravidade dos problemas envolvidos com a depleção prospectiva das reservas de petróleo; a perigosa concentração geográfica dessa matéria-prima; o alarmante problema do aquecimento global; a imperiosa necessidade de elevação das condições de vida – e, portanto, de desenvolvimento econômico – da maior parte da população do planeta; e ainda o imenso leque de interesses formado pela indústria do petróleo. Por todos esses fatores, a questão não pode e não deve ser abandonada exclusivamente ao arbítrio das forças de mercado.

Essa orientação está nítida nos termos do Protocolo de Kyoto, já em vigor. Ali se dispõem, no mesmo plano, as questões das mudanças climáticas, da geração de renda nos países em desenvolvimento, da eficiência no emprego das fontes energéticas não-renováveis e, ainda, do incremento na oferta da energia pelas fontes renováveis.

Nesse quadro, o Brasil ingressa na era pós-petróleo disposto a provar que o etanol de cana-de-açúcar é, no presente, o melhor combustível que o dinheiro pode comprar neste século XXI. Não será uma partida fácil, pois o complexo produtivo que empurra as economias industrializadas sabe muito bem quais são os seus interesses no xadrez estratégico que começa a ser jogado enquanto a sociedade humana prepara a sucessão do petróleo como fonte primária de energia para transportes. Mas o ponto de partida nessa trajetória deve ficar bem claro: a oferta de combustíveis obtidos da biomassa permite ampla democratização do abastecimento, eliminando riscos de novo cartel de produtores.

As matérias-primas que contêm substrato energético são variadas, podem ser cultivadas em múltiplas latitudes e seu processamento é relativamente singelo, em especial levando-se em conta as tecnologias em rápido processo de desenvolvimento. Essas fontes também abrem o potencial de integração econômica nos países emergentes, uma vez que geram empregos regulares numa atividade produtiva de tecnologia conhecida. E

servem, ainda, como aceleradoras do processo embrionário de recuperação climática, pois os biocombustíveis reduzem notavelmente o padrão das emissões de carbono na atmosfera.

O ritmo dessa transição se acelera. Sempre no começo da década de 1970, quando o paradigma da locomoção movida a combustível fóssil parecia inquebrantável, o professor Nicholas Georgescu-Roegen foi praticamente banido da comunidade acadêmica ao publicar *The entropy law and the economic process*, que alertava para dificuldades físicas que só ele na ocasião vislumbrava no horizonte da evolução humana e que irromperiam logo depois, com o primeiro choque do petróleo, em novembro de 1973. Desprezadas naquele instante, suas conclusões tornam-se, cada vez mais, uma fonte de referência no estudo das perspectivas econômicas para as próximas décadas. Com base na apreciação que soava marcadamente pessimista é que o conhecimento, e mesmo as relações entre continentes e povos, ganharam dimensões e até linguagem radicalmente novas.

No período de uma geração, ingredientes sociais, ambientais, éticos e mesmo científicos acabaram incorporados ao substrato material e financeiro, que até então dominavam intocados, para compor o cenário multidisciplinar da Sustentabilidade, dentro do qual evoluem todas as proposições, sensatas ou quixotescas, para que a vida continue a prosperar na face do planeta. Mesmo que não concordem nos detalhes, indivíduos de todas as latitudes estão aptos a se comunicar e a deliberar sobre o que determina e pode concretizar o desenvolvimento sustentável.

É nesse plano renovado que o Brasil se coloca em posição privilegiada – com a experiência acumulada em décadas pelo uso regular da biomassa como fonte energética primária – para argüir a sustentabilidade do modelo energético vigente, apoiado nos combustíveis líquidos fósseis. O ponto de partida dessa experiência foi, é claro, a necessidade. O País com dimensões continentais tinha fascínio pelo automóvel, mas dependia de importações e não tinha acesso a moeda conversível. Em 1974, a fatura do petróleo correspondia a 40% da receita com exportações. Nenhuma sociedade padeceria mais com o gesto da OPEP, pois o bloqueio do acesso a postos de combustível mediante rodízio, cogitado e até ensaiado em muitos lugares, tornou-se realidade desgastante no cotidiano dos brasileiros.

Daí surgiu, como programa de Estado, a mistura intensiva e crescente do etanol à gasolina – e, no começo da década de 80, a experiência dos carros movidos exclusivamente a álcool. A evolução bem-sucedida desse modelo, juntamente com uma tradição de aproveitamento intensivo da energia hidráulica, levam o Brasil a uma posição singular entre as nações de base

industrial: a fatia da energia renovável na matriz energética, da ordem de 41% no começo desta década, supera amplamente a média mundial, que está na faixa dos 14%.

Com essas credenciais, os produtores de açúcar e de etanol de São Paulo, principal pólo de cultivo e industrialização da cana-de-açúcar no mundo, se dispõem, através da UNICA e, para começar, via este trabalho de especialistas reconhecidos em suas especialidades, a mostrar as razões da trajetória bem-sucedida de uma cadeia produtiva cuja dimensão triplicou nos últimos trinta anos – e que está numa fase de investimentos que deve agregar mais 50% à capacidade instalada até a safra de 2010/11.

Com efeito, o Brasil é o maior produtor mundial de etanol (15,5 milhões de metros cúbicos na safra em curso), mas é também o maior consumidor (14,5 milhões de metros cúbicos, dentre os quais 13,7 para fins carburantes) e ainda o maior exportador (2,4 milhões de metros cúbicos em 2004). Ocupa ainda a liderança destacada no produto associado, o açúcar (28 milhões de toneladas), sendo também o primeiro exportador (17 milhões de toneladas em 2004). É importante destacar que nunca houve, na História brasileira, situação análoga: todos os momentos anteriores, a começar pelo ciclo do pau-brasil, no começo do século XVI, passando pelo açúcar da era colonial, ouro, diamantes, látex e o café do século passado, foram regidos estritamente por interesses exógenos. Quando mudava a preferência externa, desabava instantaneamente o substrato produtivo local. Desta vez, o Brasil – através do seu mercado interno – está na liderança do emprego e também da produção de energia renovável.

Não há presunção e menos ainda pretensão hegemônica nessa assertiva. Há muitas fontes possíveis de biomassa, assim como a evolução tecnológica pode e deve encontrar sucedâneos competitivos para gerar hidrogênio em algum instante desta primeira metade do século XXI. Mas o fato a reter é que o Brasil detém a melhor base científica para trabalhar geneticamente com as variedades da cana-de-açúcar, investe pesadamente recursos privados na expansão contínua da produção, assiste a uma dramática aceleração na demanda por veículos leves dotados com motores flexíveis, pode e tem conseguido entregar quantidades crescentes de etanol nos mais longínquos portos do globo, sustenta uma política agrícola livre de subsídios como reconhece a Organização Mundial do Comércio, procura maximizar o aproveitamento energético de rejeitos da cana-de-açúcar e tem uma vigorosa política de melhoria nas relações de trabalho e na valorização social.

No curso de 2005 importantes progressos se destacam na construção de uma onda de sustentabilidade na porção mais próspera do planeta. A

Grã-Bretanha se engaja numa ofensiva para que todos os países do G-8 concretizem substanciais medidas para coibir as emanações de carbono. Também o Japão, segunda economia mundial, decide cruzar a linha de partida na corrida global contra o risco do desastre climático e se prepara para adicionar uma ainda que pequena proporção de combustível da biomassa na gasolina.

De sua parte, a União Européia já reconhece que ações isoladas de alguns de seus integrantes constituem importante passo inicial para uma mudança de atitude e, no ambiente de negociação permanente que constitui o cerne do seu sistema de governança, trabalha na edição de diretrizes que irão mudar profundamente o teor dos combustíveis utilizados no interior do seu espaço, mediante incorporação dos derivados da biomassa. Ainda outros países importantes, a começar dos Estados Unidos, incorporam a alternativa da biomassa como ingrediente estratégico para reduzir as emissões, sem contudo afetar o balanço econômico da sua matriz energética. Podem ser mencionados nessa constelação exemplos de todos os continentes: China, Índia, Suécia, Tailândia, Austrália, Colômbia, Guatemala, Canadá etc. Essa diversidade atesta que o movimento decisivo para mudar a opção energética, de fato, já ocorreu.

A constelação dos grandes produtores de veículos leves tenta o que está ao seu alcance para saltar direto da gasolina para o hidrogênio. Ou seja, do combustível que domina os primeiros cem anos da história do automóvel para a resposta que todos os cientistas consideram imbatível para garantir a primazia do transporte individual pelos cem anos subseqüentes. Entre dois eventos, o caso do petróleo e a entrada do hidrogênio, poucos falam do enorme, e até agora insuperável, problema do rendimento energético para que cheguemos, de fato, à Era do Hidrogênio. E ainda levanta-se o peso político e social da mensagem ambientalista, que emerge cada vez mais nítida na fase atual do Protocolo de Kyoto e cuja justificativa encontra a cada dia maior sustentação nas medições do estrago que o “efeito estufa”, criado pelo excesso de dióxido de carbono na atmosfera, já produz na temperatura dos oceanos e, por decorrência, no clima global.

Neste preciso instante é que o etanol do Brasil, produzido da cana-de-açúcar, pode exercer enorme e benéfico impacto positivo na matriz energética de sociedades avançadas, consumidoras intensivas de energia e, portanto, proporcionalmente mais responsáveis pelos custos da operação de limpeza que toma forma e conteúdo na velocidade em que os desastres naturais comovem a opinião pública e apertam governos e entidades empresariais a investir em soluções de curto prazo.

Como se poderá comprovar com dados reunidos neste trabalho, a produção do etanol da cana-de-açúcar poupa energia, além de evitar a poluição graças ao uso intensivo do próprio combustível, da colheita ao processo de fermentação e destilação, cuja fonte energética principal é a cogeração decorrente do aproveitamento da palha e do bagaço que sobram nas moendas. Além disso, o etanol obtido da cana-de-açúcar garante mais energia para uso final por unidade energética gasta em obtê-la do que qualquer outra fonte renovável atual.

A velocidade nas transformações da matriz energética nunca deixa de surpreender desde que a sociedade humana tomou consciência de que o petróleo era realmente um recurso finito. Uma coalizão de interesses públicos e privados tomou a decisão, em 2003, de levar a Grã-Bretanha a suplantar as metas do Protocolo de Kyoto para redução das emissões de carbono. Ficou decidido que o corte terá de chegar aos 60% em 2050. Mas nenhuma resposta tem sido mais dinâmica do que a brasileira. Por exemplo, a introdução dos veículos leves equipados com motores flexíveis soava como quimera obscura ainda em 2002. Estimativas confiáveis indicam que, já em 2007, dois terços dos carros produzidos serão flexíveis, uma vez que o consumidor percebeu o enorme poder de barganha que conquista ao dispor de equipamento capaz de funcionar com a mesma eficácia se andar com qualquer teor de mistura entre gasolina e etanol.

Por isso mesmo, o Brasil tem todas as condições de se posicionar como a principal base de abastecimento do etanol. A razão sempre prepondera nas decisões econômicas de grande impacto. Os acontecimentos que decorrem da forte carga poluidora que o uso intensivo de combustíveis fósseis impõe ao mundo nos últimos dois séculos dão lugar ao esforço de buscar uma alternativa competitiva e mais saudável. É uma daquelas situações que podem, inclusive, desencadear mudanças espetaculares na hierarquia das nações.

Algo da dimensão que os nossos antepassados puderam testemunhar quando os Estados Unidos tomaram a iniciativa de apostar todas as fichas, econômicas e estratégicas, no potencial do petróleo. É curioso lembrar que Henry Ford, então nos passos iniciais da sua aventura solitária que dotaria cada lar norte-americano com o indefectível Ford Modelo T preto, vislumbrou originalmente motorizar seus carrinhos com propulsores a etanol.

A posição do Brasil como protagonista de uma era tecnológica que apenas se esboça traz oportunidades dessa dimensão. Queremos ser partícipes importantes na maior operação já concebida por seres humanos

para tornar o nosso planeta habitável para as futuras gerações: tornar viável, com a multiplicação do uso do etanol, o sonho contido nas metas do Protocolo de Kyoto. Esse projeto não tem nada de hegemônico e nem pretende manipular características geográficas como ferramenta para obter vantagens unilaterais.

O espaço disponível para os combustíveis derivados da biomassa tende a crescer, abrindo perspectivas para todos os países – e particularmente os localizados na faixa tropical, ou seja, os menos desenvolvidos. Fontes diversificadas são bem-vindas. Além da cana-de-açúcar, pode-se obter etanol de grãos e de materiais ligno-celulósicos, fonte de abastecimento que está nos laboratórios, mas cujos resultados promissores sugerem que irá, em poucas décadas, ocupar posição destacada no elenco das matérias-primas energéticas mais usadas no mundo. Todas essas fontes de abastecimento vegetais podem ser obtidas em condições vantajosas nos países emergentes, criando dessa forma uma alternativa para o desafio da sustentabilidade na aceção mais larga do conceito, como definida na Agenda 21.

É para sociedades carentes de oportunidades reais que se deve focalizar o esforço de cultivo das plantas mais adequadas para uso energético. Com regras comerciais inteligentes, que progridam efetivamente na direção da liberdade de acesso a mercados hoje ultraprotégidos, a Humanidade dará seu passo mais significativo para obter a necessária segurança no abastecimento de energia, contribuindo simultaneamente para gerar renda nas paragens menos favorecidas – criando ao mesmo tempo um método eficaz e pacífico para derrotar o terrorismo pela redenção daqueles hoje desesperançados.

## **Agradecimentos**

A idéia deste relatório surgiu de observações entre a diretoria e a Assessoria da UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo sobre a necessidade de um conhecimento mais sólido da posição do setor da cana-de-açúcar, no Centro-Sul do Brasil, com respeito à sua sustentabilidade no contexto de expansão de suas atividades. As definições do escopo e abrangência devem ser creditadas a muitas pessoas nestes grupos; em especial ao Eduardo Carvalho.

O suporte administrativo e financeiro na contratação de alguns estudos foi proporcionado pela UNICA e foi essencial para obtermos a qualidade desejada do trabalho.

O suporte técnico de muitos dos assessores da UNICA foi constante, além da preparação de relatórios nas suas especialidades; destacamos o trabalho de Maria Luiza Barbosa, na interação com as usinas.

Finalmente, a força deste estudo está baseada nas contribuições de vinte e três profissionais selecionados por sua reconhecida competência, que concordaram em sair de suas atividades habituais para produzir os textos, adequá-los ao contexto, e em muitas ocasiões trabalhar com o coordenador para melhorar o conjunto.

A todos o nosso agradecimento.

*Isaias de Carvalho Macedo*  
*Coordenador*

## Autores

Vinte e três profissionais de diversas áreas contribuíram diretamente com textos referentes ao contexto nacional ou internacional, ou especificamente a aspectos da agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil.

**Adhair Ricci Junior** é engenheiro agrônomo, com especialização em controle químico de plantas daninhas e indução de maturação da cana-de-açúcar através de maturadores químicos. Especialista em Tecnologia Agrícola no CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, trabalha desde 1981 em experimentação com cana-de-açúcar, assessoria e projetos agrícolas para usinas. Trabalhou na Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo (CATI e IAC) com assistência técnica e pesquisa.

**Alfred Szwarc** é consultor técnico da UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, e atua, como diretor da ADS Tecnologia, nas áreas de usos de energia, prevenção e controle da poluição ambiental. É engenheiro mecânico, com mestrado em Controle de Poluição na University of Leeds, Inglaterra. Foi pesquisador visitante na University of Southern California. Seu trabalho tem sido dirigido principalmente para o controle de poluição veicular e o uso de combustíveis renováveis no setor de transportes. Em 1985 foi diretor de engenharia ambiental na CETESB-SP, com atuação destacada no estabelecimento de normas para controle de poluição atmosférica e ruído em motores veiculares (Brasil e Mercosul). Tem sido consultor de vários organismos nacionais e internacionais (Banco Mundial, Ministério do Meio Ambiente, governos da Bolívia e Tailândia). É membro da Associação Brasileira de Engenheiros Automotivos e da área brasileira da ASAE.

**André Elia Neto**, engenheiro civil pela EESC-USP, é especializado em Engenharia de Ecologia e Saneamento Ambiental. Trabalhou na CETESB-SP de 1977 a 1982 nas áreas de Controle e de Análise de Projetos de Efluentes Líquidos. Desde 1982 trabalha no CTC – Centro de Tecnologia Canavieira na Assessoria e Projetos Ambientais para o Setor Sucroalcooleiro.

**Carlos Afonso Nobre** é engenheiro eletrônico pelo ITA e Ph.D. pelo Massachusetts Institute of Technology. Pesquisador Titular do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, é Coordenador Geral do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, desde 1991. É coordenador científico do

Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA); e participante das avaliações do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Suas principais áreas de atuação têm sido a pesquisa sobre meteorologia, modelagem climática, interações biosfera-atmosfera e a Amazônia.

**Elimara Aparecida Assad Sallum** é consultora da União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo e responsável pela assessoria sindical do Sindicato da Indústria do Açúcar no Estado de São Paulo e do Sindicato da Indústria da Fabricação do Alcool no Estado de São Paulo. É graduada em Direito pela UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba, contando com mais de vinte anos de atuação na área trabalhista nas Varas de Trabalho e Tribunais Regionais e Superiores em processos individuais e coletivos.

**Enrico De Beni Arrigoni** é engenheiro agrônomo pela ESALQ-USP, com mestrado e doutorado em Entomologia, na mesma Universidade. Desde 1983 trabalha no CTC, desenvolvendo projetos de pesquisa e de transferência de tecnologia em controle de pragas da cana-de-açúcar e de pragas domissanitárias. Desde 2002 é Coordenador de Recursos Humanos e Materiais do CTC.

**Eugênio César Ulian** é Gestor de Tecnologia no CTC. Engenheiro Agrônomo (UNESP), com Mestrado e Doutorado em Fisiologia Vegetal na Texas A&M University, College Station, Texas. Desde 1991 é pesquisador no CTC, onde foi Chefe da Seção de Biologia Molecular, que liderou por vários anos o Consórcio Internacional de Biotecnologia da Cana-de-açúcar e que originou o Projeto Genoma da Cana-de-açúcar.

**Gabriela Alves Macedo** é Professora Assistente da área de Bioquímica de Alimentos na FEA-UNICAMP, instituição onde se formou Engenheira de Alimentos e obteve os títulos de mestre e doutora em Ciência de Alimentos. Trabalhou na área de pesquisa de insumos e ingredientes para alimentos no setor privado (Degussa e Rhodia Food do Brasil) por alguns anos. Suas principais áreas de pesquisa são a produção de enzimas e ingredientes por processos fermentativos.

**Giselda Siqueira Durigan** é engenheira florestal e mestre em engenharia florestal pela ESALQ-USP, doutora em Biologia Vegetal pela UNICAMP, com pós-doutorado junto ao Royal Botanic Garden Edinburgh (UK). Trabalha no Instituto Florestal (da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo)

desde 1984, ocupando hoje o cargo de Pesquisador Científico VI. É responsável pela administração da Estação Ecológica de Assis, onde exerce suas principais atividades de pesquisa, que compreendem estudos da vegetação natural remanescente no Estado de São Paulo e técnicas experimentais de restauração de ecossistemas degradados.

**Isaias de Carvalho Macedo** é engenheiro mecânico e mestre em ciências pelo ITA; e Ph.D. em Engenharia Mecânica (Ciências Térmicas) pela University of Michigan, em 1971. Foi pesquisador no INPE e professor no ITA e UNICAMP, na área de energia, até 1981. As atividades principais em pesquisa foram relacionadas com energias alternativas. Por vinte anos (1981 a 2001) planejou e dirigiu os programas de P&D e transferência de tecnologia no Centro de Tecnologia Canavieira; inicialmente na área industrial, e desde 1994 como gerente do CTC. Desde 2001 atua como consultor na área de energia (para o governo federal e empresas privadas), e na UNICAMP foi assessor da reitoria e coordena programas de pesquisa em energia da biomassa.

**Jayme Buarque de Hollanda** é engenheiro (PUC-RJ) e estatístico (ENCE, 1967); e pós-graduado em automação na ENSA, França. Atualmente é Diretor Geral do INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. É membro do Conselho Diretor do WADE – World Alliance For Decentralized Energy (Reino Unido). Foi assistente do presidente e dos diretores de Engenharia e Coordenação da Eletrobrás e Chefe da Assessoria Especial (planejamento estratégico) da mesma empresa. Foi Diretor Econômico-Financeiro da Embratel. Coordenou projetos de desenvolvimento tecnológico (como o SIGAME/WBP, em gaseificação da biomassa, financiado pelo GEF/ONU). Foi membro do Conselho de Administração da Cirpress (na época a maior fábrica de circuitos impressos no Brasil).

**Jorge Luis Donzelli** é Gestor de Programas de P&D no Centro de Tecnologia Canavieira, coordenando as áreas de Planejamento e Controle Agroindustrial e Preparo do Solo, Plantio e Tratos Culturais. Engenheiro agrônomo pela UNESP, atuou por vários anos no Instituto Agronômico de Campinas (IAC) na Pesquisa em Gênese e Morfologia de Solos de Várzea e no levantamento e mapeamento de solos. Desde 1982 está no CTC, com atuação principal no manejo de solos em áreas canavieiras. Coordenou os trabalhos do CTC em mapeamento e cartografia de Solos, potencial de produção agrícola, geoprocessamento (SIG/Imagens Orbitais), conservação e preparo de solo, nutrição mineral de cana-de-açúcar, herbicidas e maturadores.

**Luiz Antonio Dias Paes** é engenheiro agrícola, graduado e com mestrado pela Universidade Federal de Viçosa, MG. Especializado em Sensoriamento Remoto pela UNESP em 1985, onde foi docente, trabalhou como engenheiro em empresas como a Ruralminas, Codevasf e Fahma. No CTC, onde atualmente é Gestor de Transferência de Tecnologia, chefiou as Seções de Hidráulica Agrícola e Manejo de Variedades, com atuação em projetos de aproveitamento de resíduos industriais, planejamento agrícola, geoprocessamento e meio-ambiente.

**Luiz Gylvan Meira Filho**, engenheiro de eletrônica (ITA) e Ph.D. em AstroGeofísica (Universidade do Colorado), é atualmente Professor Visitante do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. Foi Assessor Científico Sênior da Secretaria da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, Bonn, Alemanha, 2003; Secretário de Políticas de Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001-2002; Presidente da Agência Espacial Brasileira, 1994-2001. Foi copresidente do Grupo de Trabalho Científico do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, das Nações Unidas, 1990-1995 e vice-presidente do Painel, 1995-2001.

**Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes** é engenheira mecânica (UNICAMP), mestre e doutora em Economia Aplicada pela ESALQ-USP. Tendo atuado na área de produção por alguns anos, desde 2000 é Professora do Departamento de Economia, Administração e Sociologia na ESALQ-USP. Tem trabalhado na análise da cadeia produtiva do setor de cana-de-açúcar no Brasil, com a publicação de dois livros (desregulamentação do setor; evolução e desafios) nos últimos anos. Recentemente completou, para o Banco Mundial, uma análise do mercado de trabalho no Brasil neste setor.

**Marcos Guimarães de Andrade Landell** é engenheiro agrônomo pela UNESP; mestre e doutor em Agronomia em Produção Vegetal também pela UNESP. Ingressou no Instituto Agronômico de Campinas em 1982; desde 1993 coordena o Programa de Melhoramento Genético do IAC, e o Grupo Fitotécnico de Cana-de-açúcar. É Presidente da Comissão Técnica de Cana-de-açúcar do Estado de São Paulo (Sec. Agricultura e Abastecimento). Desde 1998 é diretor do Centro de Cana do IAC; tendo participado como um dos coordenadores do desenvolvimento do “Sugarcane Guideline” junto à UPOV (União Internacional dos Obtentores de Cultivares).

**Marcos José Marques** é economista pela FCE-UFMG, com extensa formação em pós-graduação no País e exterior (administração, gestão

tecnológica e energia). Desde 1992 é Presidente do Instituto Nacional de Eficiência Energética. Tem ocupado dezenas de posições em entidades da área de energia: presidente e membro de conselhos de administração (UTE Norte-Fluminense; FINEP-MCT; Eletronuclear; Chesf; Escelsa; Furnas Centrais Elétricas; Suframa; Light; Eletronorte; CESP; Furnas); comitês gestores (Eficiência Energética, MME; Fundo Sul Americano; Fundo Setorial de Energia, MCT); e foi diretor da Eletrobrás e do Cepel. Foi Secretário-Geral do Ministério da Indústria e do Comércio, quando presidiu a CENAL (1979-1984); e Secretário Adjunto da Fazenda (Minas Gerais) no período de 1975 a 1979.

**Maria Luiza Barbosa** é responsável pelo núcleo de responsabilidade social da UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. É graduada em Pedagogia e Deficientes da Áudio Comunicação (PUC-SP) com especializações em Educação Especial (Universidade Macon, EUA), Terceiro Setor (FGV-SP) e Educação Comunitária (SESC-SP); e diversos outros cursos nos Estados Unidos. Entre 1998/2001 criou o Núcleo de Responsabilidade Social no HSBC (Brasil; projetos sociais e culturais e gestão de doações e patrocínios). Foi executiva em empresas de turismo (Brasil e EUA) especializadas em programação cultural e educação continuada. É diretora do Instituto Gaia Revida – São Francisco Xavier – SP.

**Marinez Ferreira de Siqueira**, bióloga, mestre em ecologia pela UNICAMP e doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental pela USP-São Carlos. Trabalha há dez anos com sistemas de informação e bancos de dados sobre a biodiversidade brasileira na Internet. Principais linhas de pesquisa: espécies arbóreas de cerrado, modelagem de nicho ambiental e distribuição geográfica. É pesquisadora associada ao CRIA (Centro de Referência em Informação Ambiental), Campinas, SP.

**Rodolfo Hoffmann** é professor do Instituto de Economia da UNICAMP. Entre 1966 e 1996 foi docente e pesquisador em tempo integral na ESALQ-USP. É autor de livros sobre Administração de Empresa Agrícola, Análise de Regressão, Estatística para Economistas, e Distribuição de Renda: medidas de desigualdade e pobreza. Seu tema de pesquisa mais permanente tem sido a análise da distribuição de renda no Brasil.

**Sérgio Antônio Veronez de Souza** é engenheiro agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa, onde cursou o mestrado em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem), e doutor pela ESALQ-USP na mesma área. Atualmente é especialista em Tecnologia Agrícola do CTC, onde atua nas áreas

de Hidráulica Agrícola, Hidrologia, Irrigação, Agrometeorologia e Ambiental. Recentemente participou dos estudos desenvolvidos para a elaboração da norma técnica (CETESB) sobre Critérios e Procedimentos para Aplicação de vinhaça no Solo Agrícola.

**Vanderlei Perez Canhos**, engenheiro de alimentos, mestre em ciência de alimentos pela UNICAMP, e Ph.D. em ciência de Alimentos pela Oregon State University. Professor aposentado da UNICAMP, é atualmente Diretor-Presidente do Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA), onde exerce atividades de pesquisa e administração associadas ao desenvolvimento de sistemas de informação sobre biodiversidade.

**William Lee Burnquist** é engenheiro agrônomo, com mestrado em melhoramento genético pela ESALQ-USP e Ph.D. na mesma área pela Cornell University. Desde 1980 atua no programa de melhoramento genético de cana-de-açúcar do CTC, passando a coordenar os programas de melhoramento genético, fitossanidade e biotecnologia em 1994. Este programa é responsável pelo desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar SP, que ocupam aproximadamente 50% da lavoura de cana no país. É presidente da Comissão Interna de Biosegurança do CTC. Na International Society of Sugarcane Technologists (ISSCT) foi presidente do comitê de melhoramento genético (1999-2001) e membro dos comitês de melhoramento genético e de biologia molecular por muitos anos desde 1992.

*Os textos sem assinatura são de autoria do Organizador.*

## Prefácio

*O objetivo deste relatório é apresentar uma visão unificada dos diversos aspectos relacionados com a sustentabilidade da agroindústria da cana-de-açúcar no Centro-Sul do Brasil.*

A evolução deste setor nos últimos vinte anos e as perspectivas de seu crescimento para os próximos exigem um posicionamento muito diferente do tradicional produtor de açúcar, incluindo-se como produtor de energia e atuando muito mais nos mercados mundiais. Nestes vinte anos ocorreu também um extraordinário aumento do nosso conhecimento sobre as conseqüências da interação do homem com o meio ambiente e sobre as conseqüências sociais de ações políticas e econômicas em um mundo muito mais inter-relacionado (globalizado).

Este é o contexto para o qual reunimos vinte e três especialistas na preparação deste relatório, que contou também com a participação informal de grande número de outros profissionais. A abrangência dos temas, a complexidade e a insuficiência de conhecimentos em alguns casos indicam que o objetivo proposto só pode ser atingido de forma limitada, e que haverá necessidade de permanente reavaliação de conceitos, métodos de análise e, como conseqüência, das conclusões e recomendações.

Uma colocação muito apropriada de Dernbach<sup>1</sup>, no contexto muito mais geral da sociedade atual, é que nossas ações hoje nos encaminham, “tropeçando, para a sustentabilidade”. No caso do setor da cana-de-açúcar no Brasil tanto a situação atual, observada neste estudo, quanto as grandes oportunidades para crescimento e desenvolvimento sustentável que se apresentam, configuram cenários muito atraentes, permitindo esperança de um trabalho com êxitos para os pesquisadores, empresários e agentes governamentais. Esperamos que este estudo possa auxiliar a estabelecer caminhos para este futuro.

*Isaias de Carvalho Macedo*  
Coordenador

<sup>1</sup> DERNBACH, J.C. (Ed.): *Stumbling toward sustainability*, Washington DC, Environmental Law Institute, 2002

## Síntese

A interação das atividades do setor com o meio ambiente, social e econômico é complexa; em lugar de tratá-la pela natureza da atividade (setores agrícola, industrialização, comercialização, uso final) a escolha foi agrupar os tópicos pela natureza dos impactos. Desta forma, consideramos os *Impactos no uso de recursos materiais* (principalmente energia e materiais); os *Impactos no meio ambiente* (qualidade do ar; clima global; suprimento de água; ocupação do solo e biodiversidade; preservação de solos; uso de defensivos e fertilizantes); a *Sustentabilidade da base de produção agrícola*, com a resistência a pragas e doenças; o *Impacto nas ações comerciais*, tratando de competitividade e subsídios; e finalmente alguns *Impactos socioeconômicos*, com grande ênfase na geração de emprego e renda.

### I. Impactos no uso de recursos materiais

Embora se saiba que há necessidade e possibilidades de reduzir consumos específicos de energia e materiais nos países desenvolvidos sem comprometer a qualidade de vida, isto não tem sido conseguido. A análise dos *Impactos no uso de recursos materiais* causados pelas atividades do setor da cana-de-açúcar indica uma situação (e possibilidades) muito positivas: o setor é um *fornecedor* de energia – substituindo energia fóssil – e pode tornar-se um fornecedor de materiais (com base renovável) como plásticos e insumos químicos.

Contexto: o suprimento mundial de energia é baseado em combustíveis fósseis (75%); a escala de uso leva rapidamente ao esgotamento das fontes, deixando uma pesada carga adicional para as gerações futuras. Adicionalmente, o uso de combustíveis fósseis é responsável por grande carga de poluição local e pela maior parte da emissão de gases de efeito estufa. O uso de energia deve crescer, com o avanço de muitas regiões em desenvolvimento no mundo. O desafio atual é a busca de fontes renováveis de energia e de aumento na eficiência de geração e uso, numa escala sem precedentes.

O Brasil apresenta um nível intermediário de consumo (1,13 tep / hab·ano) com alta concentração em fontes renováveis de energia (41%, contra 13,8% do mundo). Pode aumentar significativamente o uso da biomassa e outras, além de melhorar as eficiências de geração e uso. Neste sentido, entre outras iniciativas, deve implementar a geração distribuída (GD)

de energia elétrica (baseada em co-geração), que poderá chegar a 10-20% do total em 10-15 anos, e estabelecer uma política para o setor de combustíveis para transportes.

*O setor da cana-de-açúcar já apresenta uma expressiva contribuição (sustentabilidade responsiva) para a substituição dos combustíveis fósseis, indo muito além da sua auto-suficiência em energia (elétrica e térmica).*

Gera 9,7 TWh de energia elétrica e mecânica (3% da eletricidade gerada no país)

Usa bagaço como combustível: 17,5 Mtep (equivalente à soma de todo o gás natural – GN – e óleo combustível usados no país)

Produz 180.000 barris / dia de etanol (o equivalente a 50% de toda a gasolina usada no país)

A melhoria de desempenho em energia do setor de cana (uso da palha, implementação de GD) pode levar a 30 TWh adicionais de energia elétrica; alternativamente, a implementação no futuro de processos para etanol de resíduos pode aumentar em 40% a produção de etanol, para a mesma produção de cana.

Se concretizados os aumentos previstos na produção de cana nos próximos dez anos, para cada 100 Mt cana adicionais o setor ofertaria 3,8% do consumo de energia elétrica atual, e 4,9 Mm<sup>3</sup> a mais de etanol (supondo 58% da cana para etanol). A produção alternativa de etanol dos resíduos, quando tecnicamente possível, levaria a mais 3,4 Mm<sup>3</sup> de etanol.

O consumo mundial *per capita* de materiais e recursos continuou crescendo nos últimos dez anos, assim como os impactos ambientais decorrentes. Como na caso da energia, as políticas públicas não têm sido suficientes para reverter as tendências, agravadas pelo avanço de grandes áreas em desenvolvimento.

A agricultura (tendo como um insumo a energia solar) é uma área que pode em alguns casos levar à produção sustentável de materiais. A percepção disto promove produtos de base biológica como “ecologicamente saudáveis”; a álcoolquímica (Brasil, anos 1980 e 1990) trouxe vários exemplos, assim como os recentes avanços da sucroquímica.

A produção da cana-de-açúcar no Brasil correspondeu (2004) à produção de 55 Mt de sacarose e de 100 Mt (matéria seca – MS) de resíduos lignocelulósicos. A sacarose é usada hoje para açúcar e etanol, mas há importantes atividades iniciando diversificação. Dos resíduos, 50% são usados com baixa eficiência para energia; e mais 25% (palha) são recuperáveis a custo compatível com usos energéticos.

Os custos de produção no Brasil (US\$ 0,13 / kg, como açúcar, ou ainda menores no caldo) e o suprimento de energia do bagaço tornam a sacarose

muito atraente para dezenas de outros produtos. No Brasil há produção comercial de aminoácidos, ácidos orgânicos, sorbitol e extratos de leveduras; e desenvolvimentos em produtos de grandes volumes (plásticos). Nos próximos anos é possível usar 1,5 Mt de sacarose nestes processos.

Nos anos 1980-90 foram produzidos do etanol, no Brasil, mais de 30 produtos; vários com capacidades instaladas acima de 100.000 t / ano (via etileno, acetaldeído ou transformações diretas). Tornaram-se inviáveis na década de 1990, em função da política nacional para a petroquímica e dos custos relativos do etanol. A nova relação de custos entre o petróleo e etanol leva à reconsideração destes processos, hoje.

A produção em larga escala de materiais renováveis da cana, no Brasil, é uma possibilidade ainda no início de implementação; cresce com certa rapidez com o uso da sacarose, pode voltar a crescer com a álcoolquímica, e tem um grande potencial inexplorado com os resíduos. Certamente viria a contribuir muito com a posição da agroindústria da cana na sua “sustentabilidade responsiva”.

## II. Impactos no meio ambiente

Os *Impactos no meio ambiente* consideram a cultura da cana, o processamento industrial e o uso final. Incluem os efeitos na qualidade do ar e no clima global, no uso do solo e biodiversidade, na conservação do solo, nos recursos hídricos e o uso de defensivos e fertilizantes. Estes impactos podem ser positivos ou negativos; em alguns casos a indústria da cana tem resultados muito importantes, como na redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e na recuperação de solos agrícolas. A legislação ambiental (incluindo restrições ao uso do solo) é avançada no Brasil, com aplicação eficiente na cultura da cana.

A degradação da qualidade do ar em centros urbanos é um dos mais sérios problemas ambientais no mundo; em grande parte é causada pelo uso de combustíveis fósseis, que concorrem também para a poluição além das fronteiras: chuva ácida, por exemplo. Os esforços de mitigação incluem legislação cada vez mais restritiva para os combustíveis e sistemas de utilização.

A agroindústria da cana relaciona-se com os impactos na qualidade do ar em dois pontos, e de forma muito distinta: o uso do etanol tem levado a melhorias consideráveis da qualidade do ar em centros urbanos e as queimadas de palha da cana no campo, em uma escala muito diferente, causam problemas com a dispersão de particulados e riscos com a fumaça.

Os principais efeitos do uso do etanol (puro ou em mistura com gasolina) nos centros urbanos foram: a eliminação dos compostos de chumbo na gasolina; a redução nas emissões de monóxido de carbono; a eliminação de enxofre e material particulado; emissões menos tóxicas e fotoquimicamente reativas de compostos orgânicos.

A queima da palha da cana (usada na maioria dos países produtores, para facilitar a colheita) foi objeto de muitos trabalhos nas décadas de 1980 e 90 (no Brasil e exterior) que não puderam concluir pela nocividade das emissões para a saúde humana. Permaneceram como efeitos indesejáveis os riscos (redes elétricas, rodovias, reservas florestais) e a sujeira (particulados). No Estado de São Paulo foi estabelecida legislação proibindo gradualmente a queima, com cronograma que considera as tecnologias disponíveis e o desemprego esperado, incluindo a proibição imediata em áreas de risco. Esta solução está em vigor e é um exemplo importante pelo porte da produção paulista.

O aumento de 30% na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera desde a era pré-industrial corresponde a um aumento médio de 0,6 °C da temperatura na superfície do planeta; no século XXI a temperatura média poderá aumentar mais 3 °C, se não for alterada a tendência atual. O Protocolo de Kyoto é um passo na direção (cada vez mais consensual) de evitar-se aumento de até 2 °C em 2050.

Os modelos climáticos globais, ainda em evolução, indicam sempre aumentos de temperatura para o Brasil; mas a incerteza quanto ao regime de chuvas é grande. Os modelos indicam aumentos de temperaturas de 1 a 4 °C (cenário de baixas emissões) ou de 2 a 6 °C (altas emissões). Não há concordância nos resultados para chuvas; mas espera-se maior ocorrência de extremos climáticos (secas, tempestades severas). Nos modelos que indicam maior quantidade de chuvas (GFDL, EUA) haveria expansão do cerrado para o Nordeste; nos demais cenários (por exemplo, HADCM3, Inglaterra) ocorreria a extensão do cerrado para partes da Amazônia e desertificação da caatinga no Nordeste.

A avaliação da vulnerabilidade do setor agrícola deve considerar os efeitos simultâneos da temperatura (e chuvas) e da “fertilização” por maior concentração de CO<sub>2</sub>. Há poucos estudos para o Brasil, voltados para café e trigo em regiões específicas.

A avaliação das emissões de GEE pelo Brasil para o período 1990-94 indica como setor com maior emissão o de “Mudança no uso da terra e florestas” (75%), ficando “Energia” com 23%.

No setor de cana-de-açúcar a relação entre a energia renovável produzida (com o etanol) e a energia fóssil usada é de 8,3. *A consequência é um*

*extraordinário desempenho do setor, evitando emissões de GEE equivalentes a 13% das emissões de todo o setor de energia no Brasil (base 1994).*

Emissões evitadas em 2003	
Com etanol substituindo gasolina:	27,5 Mt CO <sub>2</sub> eq.
Bagaço na produção de açúcar:	5,7 Mt CO <sub>2</sub> eq.

Para cada 100 Mt cana adicionais, nos próximos anos, poderiam ser evitadas emissões de 12,6 Mt CO<sub>2</sub> eq., com etanol, bagaço e com a energia elétrica excedente adicional.

Embora o Brasil tenha a maior disponibilidade de água do mundo, com 14% das águas de superfície, e o equivalente ao deflúvio anual em aquíferos subterrâneos, o uso de irrigação agrícola é muito pequeno (~3,3 Mha, contra 227 Mha no mundo).

A cana-de-açúcar no Brasil praticamente não é irrigada, a não ser em pequenas áreas (irrigação suplementar). Métodos eficientes (gotejamento sub-superficial e outros) estão em avaliação.

Os níveis de captação e lançamento de água para uso industrial têm sido reduzidos substancialmente nos últimos anos; de cerca de 5 m<sup>3</sup> / t cana captados (em 1990, e em 1997) atingiu-se 1,83 m<sup>3</sup> / t cana em 2004 (amostragens em São Paulo). O nível de re-utilização é alto (o uso total era de 21 m<sup>3</sup> / t cana, 1997) e a eficiência do tratamento para lançamento estava acima de 98%.

Parece ser possível atingir valores próximos de 1 m<sup>3</sup> / t cana (captação) e lançamento zero, com otimização da re-utilização e uso da água residual em fertirrigação.

Em geral os problemas ambientais com a qualidade da água decorrentes de irrigação (arraste de nutrientes e defensivos, erosão) e uso industrial não são encontrados em São Paulo; a EMBRAPA classifica a cana, neste aspecto, no nível 1 (nenhum impacto na qualidade da água).

As Áreas de Proteção Permanente relativas às matas ciliares atingem 8,1% da área da cana em São Paulo; destes, 3,4% têm mata natural e 0,8% foram reflorestados. A implementação de programas de recomposição das matas ciliares, além da proteção às nascentes e cursos de água, pode promover a reposição da biodiversidade vegetal no longo prazo.

Com 850 Mha, o Brasil tem uma grande fração do território em condições de sustentar economicamente a produção agrícola, mantendo grandes áreas de florestas com diferentes biomas. A agricultura utiliza hoje apenas 7% (a metade com soja e milho); pastagens ocupam cerca 35% e florestas, 55%. A expansão agrícola nos últimos quarenta anos deu-se

principalmente sobre áreas de pastagens degradadas e “campos sujos”, e não nas áreas de florestas. A área ocupada pela cana-de-açúcar hoje é de apenas 0,6% do território, e as áreas aptas (hoje) para expansão deste tipo de cultura são de 12% pelo menos.

O cerrado (24% do território) passou a ser utilizado extensamente para agropecuária nestes últimos quarenta anos. Até hoje, a expansão da cana-de-açúcar em áreas ocupadas por cerrados foi muito pequena; ela tem ocorrido com substituição de outras coberturas que já haviam substituído o cerrado (em geral, pastagens).

A expansão da cana-de-açúcar nos últimos 25 anos deu-se essencialmente no Centro-Sul do Brasil, em áreas muito distantes dos biomas atuais da Floresta Amazônica, Mata Atlântica e Pantanal. Entre 1992 e 2003, no Centro-Sul, a expansão deu-se quase totalmente (94%) nas unidades existentes; novas fronteiras agrícolas foram muito pouco envolvidas. Em São Paulo o crescimento ocorreu com a substituição de outras culturas e pastagens.

Para os próximos anos, o crescimento deverá ocorrer no Centro-Sul, com ênfase no Oeste de São Paulo, nas regiões limítrofes com Mato Grosso e em algumas áreas no Estado de Goiás.

O Brasil concentra a maior diversidade biológica do mundo (entre a Floresta Amazônica, a Floresta Atlântica e o Cerrado) e uma flora estimada em 50.000 a 60.000 espécies de angiospermas. As prioridades de conservação da biodiversidade foram definidas principalmente entre 1995 e 2000, com a contribuição de centenas de especialistas; as áreas protegidas para os seis principais biomas foram estabelecidas dentro do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Esta importante iniciativa deverá passar por revisões, incorporando avanços metodológicos e considerando a expansão agrícola e a vulnerabilidade a mudanças climáticas.

Desde a descoberta do Brasil, a Mata Atlântica foi o primeiro bioma a ser parcialmente substituído pela exploração madeireira e agropecuária ao longo de toda a costa brasileira; entre muitas outras, a cultura da cana-de-açúcar (Centro-Sul e Nordeste) hoje está em áreas originalmente deste bioma. O processo foi muito anterior a qualquer preocupação conservacionista, e a preservação implica também a restauração de áreas protegidas por lei (matas ciliares, encostas).

A ocupação agrícola do cerrado é muito recente, incluindo áreas ocupadas por pecuária e exploração de lenha e carvão. Seu crescimento deve ser planejado considerando a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos, principalmente em áreas sensíveis (nascentes dos rios que vertem para o Pantanal e as regiões de recarga do Aquífero Guarani).

Conciliar o desenvolvimento socioeconômico com preservação ambiental exige informação atualizada e ferramentas adequadas de análise do impacto e vulnerabilidade; programas como o do IVB (São Paulo) e avanços no levantamento de dados geo-referenciados (em curso) são de grande importância neste contexto.

A cultura da cana-de-açúcar tem se expandido em áreas mais pobres (principalmente “cerrados fortemente antropizados”, na sua maioria pastagens extensivas). Ela concorre para a recuperação destes solos, adicionando matéria orgânica e fertilização químico-orgânica, contribuindo para melhorar o seu condicionamento físico-químico e incorporando solos à área agricultável brasileira.

A cultura da cana no Brasil é reconhecida hoje por apresentar relativamente pequena perda de solo por erosão (na comparação com soja e milho, por exemplo); esta situação continua melhorando com o aumento da colheita sem queima e com técnicas de preparo reduzido, levando as perdas a valores muito baixos, comparáveis aos do plantio direto em culturas anuais.

A preocupação com o impacto do uso de defensivos agrícolas está presente em várias instâncias da Agenda 21, que prevê ações específicas de controle. O uso de novas tecnologias baseadas em modificações genéticas de plantas é uma promessa (redução de defensivos), mas leva a cuidados adicionais. Idealmente seriam usados controles biológicos e, na medida do possível, técnicas da agricultura “orgânica”.

A legislação brasileira, incluindo normas e controles desde a produção até o uso e disposição dos materiais, cobre todas as áreas importantes.

O consumo de pesticidas na cultura da cana é inferior aos das lavouras de citros, milho, café e soja; o uso de inseticidas é baixo, e o de fungicidas é praticamente nulo.

Entre as principais pragas da cana, os controles da broca (praga mais importante) e da cigarrinha são biológicos; a broca tem o maior programa de controle biológico no país. Formigas, besouros e cupins têm controle químico; tem sido possível reduzir muito os defensivos com aplicações seletivas.

Doenças da cana são combatidas com a seleção de variedades resistentes, em grandes programas de melhoramento genético. Este procedimento tem sido suficiente para resolver, com a substituição de variedades, ocorrências de grandes proporções como o vírus do mosaico (1920), o carvão e ferrugem (anos 1980) e o SCYLV (anos 1990).

Modificações genéticas (em fase de testes de campo) produziram plantas resistentes a herbicidas, ao carvão, ao vírus do mosaico, ao SCYLV e à broca da cana.

Os métodos de controle das ervas daninhas têm sido freqüentemente modificados em função de avanços em tecnologias (culturais e mecânicas ou químicas). No Brasil a cana ainda utiliza mais herbicidas que o café ou milho e menos que a citricultura; é equivalente à soja.

Há forte tendência para o aumento das áreas com colheita de cana crua, com palha remanescente no solo. Hoje não parece ser possível eliminar totalmente os herbicidas nestes casos, como se esperava, inclusive pelo surgimento de pragas até então incomuns.

O uso de fertilizantes na agricultura brasileira é relativamente baixo, embora tenha aumentado nos últimos trinta anos, reduzindo muito a necessidade de novas áreas.

Entre as grandes culturas no Brasil (área maior que 1 Mha) a cana-de-açúcar utiliza menos fertilizantes que o algodão, café ou laranja; é equivalente à soja. A utilização também é baixa se comparada à de culturas de cana e outros países (a Austrália usa 48% a mais).

É muito importante a reciclagem de nutrientes com a aplicação de resíduos industriais (vinhaça e torta de filtro), considerando as condições limitantes de topografia, solos e controle ambiental. Aumentos substanciais do potássio no solo e da produtividade são verificados. A reciclagem de nutrientes está sendo otimizada, havendo ainda a palha a implementar. Será muito importante nas áreas de expansão.

Grande número de estudos relacionados com a lixiviação e possibilidades de contaminação de águas subterrâneas pela reciclagem da vinhaça indicam que em geral não há impactos danosos para aplicações inferiores a 300 m<sup>3</sup> / ha. Uma norma técnica da Secretaria do Meio Ambiente (São Paulo) regulamenta todos os aspectos relevantes: áreas de risco (proibição), dosagens permitidas e tecnologias.

### III. Sustentabilidade da base de produção agrícola

A *Sustentabilidade da base de produção agrícola* da cana no Brasil deve incluir a capacidade de responder a pragas, doenças e a variações climáticas periódicas, sem que estas a prejudiquem seriamente.

As condições de produção no Brasil, com sua diversidade de regiões e microclimas, têm demonstrado resposta adequada às variações periódicas do clima.

A proteção contra pragas e doenças é considerada um ponto forte da produção no Brasil: é baseada muito mais no suprimento contínuo de variedades de cana resistentes do que em barreiras fitossanitárias, propiciando aos produtores operar com grande diversificação.

Há quatro programas de melhoramento genético de cana operando no Brasil (os dois maiores são privados); usam uma quarentena e duas estações de hibridação, com bancos de germoplasma. Trabalham com cerca de 1,5 milhão de *seedlings* por ano.

Mais de 500 variedades são cultivadas hoje (51 liberadas nos últimos dez anos). As vinte principais ocupam 80% da área; mas a mais utilizada atinge apenas 12,6%. O aumento da diversificação nos últimos vinte anos promoveu grande segurança quanto à resistência contra doenças e pragas exógenas.

O Brasil se destaca na biotecnologia da cana, tendo variedades transgênicas (não comerciais) desde meados dos anos 1990. Foi concluída em 2003 a identificação dos 40.000 genes da cana em laboratórios brasileiros; há duas dezenas de grupos trabalhando no genoma funcional e já usando genes em programas de melhoramento genético (fases experimentais). Resultados comerciais podem surgir nos próximos cinco anos.

Recomenda-se a ampliação de recursos para integrar adequadamente os bancos de germoplasma para todos os programas e para suportar desenvolvimentos específicos para as áreas de expansão.

Deve ser continuado o esforço na área legislativa para facilitar o desenvolvimento da pesquisa biotecnológica nas suas fases finais.

### IV. Impactos da produção em ações comerciais

Hoje a produção de etanol e açúcar da cana no Centro-Sul do Brasil não impõe impactos econômicos adversos ao meio externo; não há externalização de custos a serem pagos por outros setores da sociedade. Os produtos da cana-de-açúcar não têm qualquer mecanismo de suporte de preços por políticas públicas; não há subsídios à produção e comercialização de açúcar.

O custo de produção (sem impostos) do etanol para as usinas mais eficientes no Centro-Sul, em condições estáveis, foi estimado em US\$ 0,20 / l (1 US\$ = 2,8 R\$, dezembro 2004), equivalente ao custo internacional da gasolina sem aditivos com petróleo a US\$ 25 / barril. O custo de produção do etanol no Brasil também é significativamente inferior ao do etanol de milho nos EUA ou de trigo e beterraba na Europa.

As reduções de custo do etanol no Brasil desde o início do programa ocorreram por avanços tecnológicos, gerenciais e por investimentos na infraestrutura. A implementação mais ampla de tecnologias já comerciais poderá promover reduções adicionais de custo no Centro-Sul; mas as maiores perspectivas vêm de novas tecnologias em desenvolvimento. Elas incluem a

agricultura de precisão, novos sistemas de transporte da cana e palha e modificações genéticas da cana.

Adicionalmente, a diversificação da produção deverá concorrer para aumento da competitividade, como já ocorreu com a introdução do etanol. Inclui o aumento (já em curso) dos usos da sacarose e algumas rotas alcoólquímicas e a produção de excedentes de energia da biomassa da cana, em diversas formas (também já iniciada).

O açúcar do Centro-Sul já há muitos anos apresenta (usinas mais eficientes, custos estáveis de insumos) o menor custo de produção do mundo, da ordem de US\$ 125 / t, com 1 US\$ = 2,8 R\$. A produção mundial hoje tem o custo avaliado em US\$ 120 / t, até 20 Mt (é a produção no Centro-Sul do Brasil); de 20Mt para 65 Mt o custo sobe para US\$ 200 - 250 / t; e sobe até US\$ 400 / t, para a faixa de 65 Mt até 100 Mt. O custo total de produção e exportação de açúcar no Centro-Sul é 65% do custo da média dos outros exportadores.

A grande disponibilidade de terras adequadas para a expansão e a inexistência de suporte de preços por políticas públicas no Brasil tornariam a sua competitividade ainda maior, em um cenário (esperado) de liberalização comercial. Análises dos mercados para etanol e açúcar indicam demanda de 560 Mt cana / ano, no Brasil, em 2010.

## V. Impactos socioeconômicos do setor

Nos últimos anos o Brasil teve uma taxa de desemprego de 9-10%. A qualidade dos empregos e a distribuição de renda são problemas sérios; o índice de Gini foi 0,607 (1998) e 0,554 (2003). Mesmo com aumento da renda, a desigualdade social não foi reduzida substancialmente nos últimos vinte anos. A informalidade previdenciária é estimada em 55%; a taxa de trabalho infantil (2,4%, 10-14 anos) e o analfabetismo funcional (23,9%, menos de 3 anos de escolaridade) foram muito reduzidos, mas são ainda altos. A renda *per capita* em 2002 foi de US\$(PPP) 7.600,00.

Na consideração dos *Impactos socioeconômicos do setor* a maior importância vem da geração de empregos e renda para uma gama muito extensa de capacitação da mão-de-obra, com flexibilidade para, usando tecnologias diversas, acomodar características locais. Deve-se lembrar ainda que o setor promove substancial economia de divisas evitando importação de petróleo, e o desenvolvimento tecnológico e empresarial de uma grande indústria de equipamentos.

A substituição de gasolina por etanol entre 1976 e 2004 representou uma economia de US\$ 60,7 bilhões (dólares de dezembro de 2004), ou de US\$ 121,3 bilhões (com os juros).

A indústria brasileira de equipamentos para a produção de açúcar, álcool e co-geração de energia teve um grande desenvolvimento; somente o maior fabricante produziu 726 destilarias (inclusive para exportação) e 106 usinas completas; 112 plantas de co-geração e 1200 caldeiras.

A legislação trabalhista brasileira é reconhecidamente avançada na proteção ao trabalhador; a organização sindical é desenvolvida e tem papel fundamental nas relações de trabalho. No caso da cana-de-açúcar, os aspectos específicos relativos às relações trabalhistas no meio rural (sindicatos próprios) e industrial (sindicatos de alimentos e químicos) estão bem definidos, incluindo a celebração de normas coletivas, com grande avanço na última década. Comparando com a média brasileira de 45% de formalidade, a área agrícola do setor da cana apresenta hoje 68,5% (evoluindo de 53,6% em 1992); no Centro-Sul, a produção de cana tem 82,8% de formalidade, e em São Paulo atinge 88,4% (2003).

As diferenças de desenvolvimento regional estão presentes nos indicadores do trabalho no setor; as regiões mais pobres caracterizam-se por salários menores e muito maior utilização de mão-de-obra, ajustados pelo nível tecnológico (automação, mecanização) empregados.

No início dos anos 1990 havia 800 mil empregos diretos; produzir e processar 1 Mt cana utilizava 2.200 empregos diretos (73% na lavoura); no Norte-Nordeste, três vezes mais que no Centro-Sul. Em São Paulo o trabalhador não especializado (cortador de cana) recebia US\$ 140 / mês (valor da época); isto era superior a 86% dos trabalhadores na agricultura, em geral; e a 46% dos trabalhadores na indústria. A média familiar destes trabalhadores era superior à de 50% das famílias brasileiras.

A sazonalidade do emprego era de 2,2 (São Paulo, início dos anos 1980); 1,8 (final dos oitenta); e 1,3 (meados dos anos 1990). A redução foi motivada principalmente por mecanização no corte de cana, permitindo mais treinamento e planejamento da carreira.

No final dos anos 1990, com 650 mil empregos diretos e 940 mil indiretos (e cerca de 1,8 milhões induzidos) ainda se observava na região Centro-Sul 3,5 vezes menos empregos por unidade de produto que no Norte-Nordeste; a diferença na qualidade média dos empregos (anos de escolaridade) é correlacionada com os níveis salariais.

Atualmente ocorre crescimento nos empregos *diretos formais* no setor (18% de 2000 a 2002), atingindo 764 mil em 2002. No emprego formal, 90,4% dos empregados estão entre 18 e 49 anos de idade (0,3% abaixo dos 17 anos); há redução nos empregos agrícolas e aumento nos industriais. Ainda há 37,6% de pessoas com menos de 4 anos de estudo, sendo 15,3% analfabetos (no Centro-Sul, 4%).

Considerando os empregos formais e informais (amostra PNAD 2003), os rendimentos de pessoas ocupadas no Brasil foram (todos os setores): 692 R\$/mês; agricultura: 390; indústria: 671; serviços: 706. Cana, área agrícola: Brasil, 446; N-NE, 283; C-S, 678; São Paulo, 797. Indústria, açúcar: Brasil, 821; N-NE, 707; C-S, 865; São Paulo, 881.

Valores para etanol são um pouco maiores que para açúcar. Na área agrícola a escolaridade média no Norte-Nordeste é a metade (em anos) da escolaridade no Centro-Sul.

No Centro-Sul as pessoas ocupadas na lavoura da cana têm rendimentos maiores que nas lavouras de café, citricultura e milho; mas inferiores às da soja (altamente mecanizada, com empregos mais especializados). No Norte-Nordeste, os rendimentos na cana são maiores que com café, arroz, banana, mandioca e milho; são equivalentes aos da citricultura e inferiores aos da soja.

Os rendimentos do trabalho formal não incluem 13º salário nem qualquer benefício. As usinas mantêm mais de 600 escolas, 200 creches e 300 ambulatórios médicos. Em uma amostra de 47 unidades em São Paulo, mais de 90% proporcionam assistência médica, odontológica, transporte e seguro de vida em grupo; acima de 80% fornecem refeição e assistência farmacêutica. Mais de 84% possuem programa de participação nos lucros, alojamento, refeitório e creche. Indicadores do Balanço Social de 73 empresas (UNICA, SP, 2003) mostram o uso de recursos equivalentes a 24,5% da folha de pagamento em áreas como: participação nos lucros (6,72%); alimentação (6,54%); saúde (5,9%); segurança e medicina do trabalho (5,3%); educação, capacitação e desenvolvimento profissional (1,9%).

## **Introdução**

*O objetivo deste relatório é apresentar uma visão unificada dos diversos aspectos relacionados com a sustentabilidade da agroindústria da cana-de-açúcar no Centro-Sul do Brasil.* Nesta introdução relacionamos alguns conceitos básicos do desenvolvimento sustentável e as principais questões ligadas à agricultura. A agroindústria da cana no Brasil é caracterizada por alguns índices e dados de produção, e uma breve descrição dos processos produtivos é feita para localizar as interações do sistema produtivo com o meio ambiente e social.

### **Desenvolvimento sustentável**

Com o fim da Segunda Guerra Mundial e, em especial, com as explosões das bombas atômicas nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, a humanidade se defrontou com a possibilidade real de através de suas ações comprometer a sua sobrevivência e a vida no planeta. Nos anos seguintes a exuberante expansão industrial e o aumento exponencial dos problemas de contaminação nos ambientes ampliaram mais ainda esta percepção.

Como resultado dessas preocupações, em 1972 foi realizada em Estocolmo a Primeira Conferência Mundial de Meio Ambiente, promovida pela Organização das Nações Unidas. Além das questões relativas à poluição e dos problemas causados pelo uso cada vez mais intensivo dos recursos naturais, evidenciou-se a partir daí a indissolúvel vinculação existente entre a necessidade do combate à miséria e à exploração humana, e a necessidade de desenvolvimento e de qualidade de vida (e, portanto, a qualidade do ambiente que ocupamos).

Fora do âmbito dos especialistas, porém, até pouco mais de dez anos atrás, eram entendidas como condições básicas para o “desenvolvimento humano” a paz e segurança; o desenvolvimento econômico; e o desenvolvimento social, traduzido no respeito a direitos humanos. Em 1992, na U. N. Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro – ECO92) as nações do mundo concordaram em implementar um ambicioso projeto para promover um “desenvolvimento sustentável”. Os princípios estabelecidos na Declaração do Rio e as conseqüentes ações e responsabilidades detalhadas na Agenda 21, em 1992, acrescentaram às condições básicas para o desenvolvimento humano a proteção ao meio ambiente, considerada como essencial para não comprometer a capacidade

das gerações futuras para atingir também o seu desenvolvimento. Assim, as principais metas para a humanidade (liberdade, equidade e qualidade de vida) passaram a ser válidas não apenas no presente mas também para as gerações futuras: o desenvolvimento que, satisfazendo as necessidades do presente, não comprometeria a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades. Em vez de desenvolvimento em detrimento do meio ambiente, ou proteção ambiental em detrimento do desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável buscaria ao mesmo tempo o desenvolvimento “tradicional” e a proteção (e recuperação) ambiental.

A Agenda 21, como plano de ação, define o desafio atual como vencer “a perpetuação de disparidades entre as nações e dentro delas, o aumento da pobreza, da fome, das más condições de saúde e do analfabetismo, e a deterioração contínua dos ecossistemas dos quais dependemos para o nosso bem estar”.<sup>1</sup> A miséria e degradação ambiental são desestabilizadores. A idéia central na Agenda 21 é que cada país é responsável por buscar o desenvolvimento sustentável, só ou em cooperação com outros.

Estas ações têm sofrido considerável atraso na sua implementação em função até de posições contrárias de alguns governos em tópicos essenciais. No entanto é inegável que houve grande progresso em muitas áreas, a partir dos governos e que o caráter descentralizador da Agenda 21 tem conduzido a muitas ações de “baixo para cima” com grande eficiência, através de decisões municipais, estaduais, de ONGs e dos setores privados da economia. Estes movimentos são crescentes em número e influência, e deve-se esperar que acabem por determinar ações governamentais mesmo nos países mais recalcitrantes. De fato, a experiência dos últimos anos mostra que embora a legislação ambiental tenha um papel fundamental na evolução para a sustentabilidade, é necessário mais que leis e políticas: o envolvimento de muitos outros setores da sociedade.

Alguns princípios básicos na Agenda 21 são:

- o processo de decisão integrado (desenvolvimento e proteção ambiental)
- o princípio “poluidor paga” (não transferir o custo a outros)
- a busca de níveis sustentáveis de população e consumo
- o princípio de precaução: em casos de riscos sérios, a falta de certeza científica não deve adiar medidas de proteção ambiental
- a equidade intergeracional
- a participação da população
- responsabilidades comuns, mas diferenciadas (entre países desenvolvidos e em desenvolvimento)

Os tópicos tratados na Agenda 21, que têm sido detalhados desde então, cobrem uma grande gama de aspectos da nossa civilização, com todas as suas diferenças regionais. Como exemplos principais, podemos notar: população e consumo (políticas demográficas, consumo de materiais e energia); comércio internacional, financiamento e assistência ao desenvolvimento; conservação e gerenciamento dos recursos naturais (água potável, oceanos e estuários, águas costeiras e poluição marinha; poluição do ar, mudanças climáticas, biodiversidade, uso da terra, agricultura, silvicultura); controle de resíduos e químicos tóxicos (defensivos, resíduos radioativos e lixo); educação; instituições e infra-estrutura (transportes, saúde).

A recente ratificação do Protocolo de Kyoto é mais uma afirmação da importância que o desenvolvimento sustentável tem assumido nos últimos anos.

### Agricultura e desenvolvimento sustentável

A agricultura é um setor de enorme relevância para o desenvolvimento humano; claramente, o suprimento de alimentos hoje não é adequado para os 6 bilhões de habitantes do planeta, e mesmo com os esforços previstos na Agenda 21 para políticas demográficas racionais a população deverá atingir 9 bilhões em algumas décadas. A agricultura é uma área que crescerá com a demanda global. A questão que tem sido colocada cada vez com maior frequência é: pode-se praticar a agricultura sem prejuízos ao ecossistema?

De fato, dentro dos conceitos da “revolução verde”, incluindo o uso intensivo de insumos e de água, a sustentabilidade da agricultura é na melhor das hipóteses uma questão aberta; muitas das práticas são claramente insustentáveis. No entanto, devemos reconhecer que há algumas décadas elas foram essenciais para reduzir a fome no mundo. Considerando que o desenvolvimento humano e a proteção ambiental não devem se excluir, qual o ponto de equilíbrio apropriado, como evoluir para a sustentabilidade?

Parte da resposta está no uso adequado dos fatores de produção: tecnologias, investimento. A ênfase mais forte na sustentabilidade é muito recente; muitos dos paradigmas da “agricultura moderna” de vinte anos atrás são contestados na ótica emergente. Por outro lado, é claro que as definições da Agenda 21 são muito gerais, exigindo esforço adicional na aplicação a um setor tão diversificado quanto a agricultura. A agricultura – assim como as concentrações urbanas e a maior parte das atividades humanas –, na prática, rompe as funções ecológicas naturais; sempre haverá algum conflito entre ela e a parte “ambiental” da sustentabilidade.

<sup>1</sup> U. N. Conference on Environment and Development, Agenda 21, U. N. Doc. A/CONF.151.26, 1992

<sup>2</sup> DAVIDSON, J.H.: “Agriculture”, in DERNBACH, J.C. (Ed.): *Stumbling toward sustainability*, Washington DC, Environmental Law Institute, 2002

Exemplos que se repetem em muitos países evidenciam a distância entre os sistemas em prática e os ideais de sustentabilidade. Uma análise recente<sup>2</sup> da agricultura nos Estados Unidos mostra a origem do sistema que de certa forma prevalece hoje: a forte intervenção federal a partir de 1930, combinando preço e renda (subsídios) com agricultura “conservacionista” subsidiada. A “conservação” neste caso é diferente de “proteção ambiental”: trata-se de manter o potencial dos recursos, evitando desperdícios e maximizando a produtividade, com foco na utilidade para a população. Dois exemplos importantes são:

- Os projetos de irrigação no Oeste americano (como o do Yakima Valley), iniciados em 1902; há 46 milhões de acres irrigados no Oeste (lâmina de 0,9 m) com infra-estrutura paga pelo governo federal; ainda hoje a água é fortemente subsidiada. A sustentabilidade é questionada (limitação na disponibilidade de água, competição por terras para outros usos, contaminação do solo, arraste de fertilizantes e pesticidas). Nos estados do Oeste, as lavouras irrigadas são responsáveis por 89% dos trechos de rios contaminados e por mais de 40% da poluição em lagos contaminados.
- Os projetos de drenagem nas áreas produtoras de grãos e algodão. A drenagem foi largamente praticada desde 1930, com recursos federais, para aumentar a área de produção. Estados como Iowa, Illinois e Minnesota foram convertidos de sistemas ricos em água para grandes áreas secas, aráveis (dentro dos conceitos “conservacionistas”). Esta “agricultura de terras secas” tem sido muito importante para os EUA e o mundo. Mas o preço é o grande volume de águas poluídas que o sistema de drenagem descarrega, sem filtragem do solo, nos rios e lagos.

A Agenda 21 coloca (corretamente) o difícil problema da agricultura nos próximos anos: *“No ano 2025, 83% da população global estimada em 8,5 bilhões de pessoas residirá nos países em desenvolvimento. Mas a existência de recursos disponíveis e tecnologias para satisfazer as demandas desta população crescente por alimentos e outros produtos agrícolas permanece incerta. A agricultura deve enfrentar este desafio, principalmente aumentando a produção em terras já em uso e evitando avanços adicionais em terras que sejam só marginalmente adequadas para o cultivo”*.

Qualquer intervenção na natureza e em organismos vivos (mesmo quando a proposta é de cura de doenças e processos degenerativos) implica a escolha de alternativas, selecionadas em função dos objetivos traçados e considerando as incertezas inerentes a essas escolhas. Assim é também com as propostas do desenvolvimento sustentável.

Na busca de diretrizes eficazes para atingir a sustentabilidade na agricultura e considerando as pressões intrínsecas que essa atividade exerce no meio ambiente, uma sugestão feita para a agricultura norte-americana<sup>2</sup> parece adequada: a agricultura deve ser internamente e externamente sustentável, e além disto servir como recurso disponível para auxiliar outros setores da economia e sociedade.

- Sustentabilidade interna inclui a capacidade de preservar sua base de recursos, evitando degradação do solo e água; de responder a pragas e doenças das plantas, e a variações climáticas e mudanças nos mercados. Isto deve ocorrer sem dependência de suporte financeiro direto do governo.
- Sustentabilidade externa corresponde a não impor externalidades gravosas à sociedade “não agrícola” nem ao meio ambiente local.
- Sustentabilidade responsiva inclui a capacidade de auxiliar outros setores (exemplo, a geração de energia “limpa” de biomassa; a recuperação de terras degradadas; a recuperação de matas ciliares; a produção de excedentes para suprir necessidades de eventuais quebras em outros locais; a geração de emprego e renda).

Estas diretrizes práticas podem auxiliar muito no planejamento e na avaliação de setores agrícolas quanto à sua sustentabilidade. Serão utilizadas na seqüência deste estudo com respeito à produção de cana-de-açúcar no Brasil. Mesmo sem buscar em muitos casos parâmetros absolutos, estas diretrizes ajudam a colocar na perspectiva correta as situações atuais e as tendências. As orientações resultantes destas observações estarão concorrendo para direcionar os passos no caminho a percorrer para a sustentabilidade do setor.

### A agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar é cultivada em mais de cinco milhões de hectares no Brasil, em todas as regiões geográficas do país, atingindo em 2004/05 uma produção de aproximadamente 380 milhões de toneladas, um quarto da produção mundial. Cerca de 50% foi utilizada para a produção de açúcar (27,2 Mt) e 50% para etanol (15,2 Mm<sup>3</sup>), em 320 unidades industriais. Hoje há cerca de 35 novas unidades em construção, para início de atividades nos próximos três anos.

A produção de cana aumentou de cerca de 120 para 240 milhões de toneladas entre 1975 e 1985, principalmente em função do PNA, estabilizando neste patamar entre 1985 e 1995. A partir desse ano iniciou-se outro ciclo de expansão agrícola, basicamente motivado pela exportação de

açúcar. Em 1990 a exportação de açúcar foi de 1,2 Mt, ascendendo a 15,7 Mt em 2004, mostrando o extraordinário aumento da competitividade do produto brasileiro.

O atendimento das demandas interna e externa de etanol e açúcar (estimativas: ver **itens 11.3 e 11.5**) resultaria na necessidade de uma produção de cana-de-açúcar de cerca de 560 Mt cana / ano, até 2010-2011 (um incremento de  $\frac{2}{3}$  sobre a produção atual).

O sistema de produção envolve usinas com capacidades muito diferentes (de 0,6 a 6,0 Mt cana processada / ano); em média, as usinas produzem cana em terras próprias, arrendadas ou parcerias agrícolas (cerca de 70%); os restantes 30% são supridos por produtores independentes, cerca de 45 mil produtores, a grande maioria utilizando menos de dois módulos agrícolas. As duas regiões produtoras são o Nordeste (15%) e o Centro-Sul (85%).

Os controles governamentais (cotas de produção e exportação, tabelamento de preços e concessão de subsídios à produção e à movimentação, tanto para açúcar quanto para etanol) foram eliminados, em um regime de transição iniciado no início dos anos 1990 e concluído em 1998. Atualmente a presença governamental existe na regulamentação da especificação do álcool hidratado e anidro e na definição do teor de etanol na gasolina. Os preços estão liberados em todos os níveis da cadeia de comercialização e o etanol é vendido nos quase 29 mil postos de distribuição de todo o território brasileiro.

Os temas pertinentes a uma análise da sustentabilidade de qualquer setor importante da atividade humana envolvem um grande número de áreas do conhecimento, se tratados adequadamente no ciclo de vida completo. A interdependência destas áreas pode fazer com que qualquer análise seja sempre “incompleta”, sendo possível ampliar o escopo, a profundidade, e considerar novos pontos de vista. No presente estudo buscamos ser críticos de forma construtiva, contando com muitos especialistas e visões diferentes; a intenção é aplicar os conceitos formalizados de sustentabilidade ao setor da cana-de-açúcar como este se apresenta hoje no Centro-Sul do Brasil, com maior clareza, profundidade e buscando oportunidades para o seu fortalecimento.

A agricultura mundial tem hoje diante de si um certo número de “incertezas”, que afetam de modo um pouco diferente cada um dos países; a agro-indústria da cana também está envolvida. São elas, por exemplo: a incerteza quanto ao futuro das plantas transgênicas e suas implicações; a incerteza quanto à magnitude e época de mudanças climáticas globais (aquecimento e

chuvas); a incerteza dos mercados mundiais, aumentada pelas práticas protecionistas (ou sua abolição).

Um dos fatos mais importantes evidenciados no estudo é que, nas condições atuais da agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil, há um conjunto muito relevante de atividades de sustentabilidade responsável do setor (parte já em execução; parte surgindo como potenciais) que podem torná-lo um exemplo promissor mesmo no contexto internacional.

### Os processos de produção no Brasil

Uma descrição simplificada dos processos de produção auxilia no entendimento das relações da agroindústria da cana com o meio ambiente. A cultura da cana-de-açúcar é praticada em mais de 80 países no mundo, com variações nos períodos e técnicas de cultivo dependendo de condições locais. É caracterizada como uma cultura de altíssima eficiência de fotossíntese (portanto, com grande produção de biomassa por unidade de área).

No Brasil é cultivada principalmente em grandes áreas no Nordeste e Centro-Sul; são usados cinco ou seis cortes antes da reforma do canavial, e o período de safra é de seis ou sete meses. Todo o processo de produção é intensivo em mão-de-obra, especialmente a colheita; o avanço da mecanização tem reduzido o número de empregos (por unidade de produção) e também a sua sazonalidade. A cultura utiliza fertilizantes e defensivos agrícolas moderadamente e recicla todos os efluentes industriais da produção de etanol e açúcar como insumos para a lavoura. A prática da queima do canavial antes da colheita (retirando as folhas, para facilitar o corte) está sendo gradualmente reduzida, com restrições ambientais e de segurança em algumas áreas, mas ainda é dominante.

O transporte da cana para a indústria (de fato, a operação integrada de corte, carregamento e transporte) tem evoluído muito para evitar compactação do solo agrícola e para reduzir custos, com sistemas de grande capacidade, dentro dos limites legais das estradas.

Os colmos de cana são processados para produzir etanol e açúcar; parte da cana é lavada para retirar impurezas minerais (a cana de colheita manual, apenas). Um sistema de extração (no Brasil, quase exclusivamente moagem: a cana é picada, desfibrada e passa por uma série de moendas) separa o caldo, contendo a sacarose, da fibra (bagaço). Para a produção de açúcar, o caldo é limpo (decantação e filtro prensa, retirando um resíduo, a torta de filtro), concentrado e cristalizado. Uma parte dos açúcares não cristalizados e impurezas (melaço) são separados; no Brasil este mel residual é em geral muito mais rico em açúcar, evitando-se o estágio final

na cristalização e usando o mel, em mistura com caldo, como insumo para a fermentação.

Esta mistura é levada à concentração adequada e fermentada com leveduras; os sistemas na maioria são do tipo *fed-batch*, com reciclo da levedura, mas há processos contínuos. O vinho resultante é destilado, produzindo álcool (hidratado ou anidro) e deixando como resíduo a vinhaça (a água da cana e a adicionada na moagem, matéria orgânica, e minerais importantes, como o potássio, que vieram com a cana).

Toda a energia para o processamento (elétrica; mecânica, no acionamento de algumas bombas, ventiladores e das moendas; térmica, para os processos de concentração do caldo e destilação) é suprida hoje por um sistema de co-geração que usa somente o bagaço como fonte energética; a usina é auto-suficiente, e em geral pode ter excedentes de energia.

Os processos industriais têm como resíduos a vinhaça, a torta de filtro e as cinzas da caldeira de bagaço. São totalmente reciclados para a lavoura: a vinhaça na forma líquida, como fertirrigação; a torta transportada em caminhões, como adubo. Os processos industriais utilizam água (captada de rios e poços) em várias operações; há uma intensa re-utilização, visando reduzir a captação e o nível do despejo tratado.

# I

## Impactos no uso de recursos materiais

Uma das contribuições importantes das análises socioeconômicas que começaram a incluir parâmetros como os consumos de energia e materiais, na década de 1960 e crescentemente nos anos 1970, foi a reafirmação de que, além de certos limites (relativamente baixos), o bem estar (“qualidade de vida”) humano independe do aumento destes consumos.

No entanto o que se verificou até hoje foi um aumento importante nos consumos específicos das populações do planeta, com maior ênfase nos países desenvolvidos e principalmente nos que já eram grandes consumidores.

Em 1997 esta situação foi bem quantificada na argumentação<sup>1</sup> de que seria possível dobrar o bem-estar da humanidade e ao mesmo tempo reduzir à metade o uso de energia e recursos; o fator 4 seria proposto como meta para aumento da produtividade no uso de recursos. Há propositores do uso de um fator 10, para os fluxos de materiais nos países da OECD.

<sup>1</sup> WEIZSACKER, E.; LOVINS, A.; LOVINS, H.: “Factor four: doubling wealth, halving resource use”, 1997

Energia e matérias-primas são os tópicos geralmente considerados nestes estudos; a água doce passa a ser cada vez mais um tema de grande preocupação. No caso focalizado aqui (produção e processamento da cana-de-açúcar) estes três itens serão considerados, separando energia e matérias-primas nos **Capítulos 2 e 3**, e água no **Capítulo 5**. O uso de outros insumos agrícolas e industriais (defensivos, fertilizantes, lubrificantes) é relativamente pequeno e será visto nas seções seguintes.

Nas considerações sobre energia e matérias-primas verifica-se uma das características mais importantes desta agro-indústria: trata-se essencialmente de um setor que utiliza a extraordinária eficiência para fotossíntese da cana para produzir materiais básicos (lignocelulósicos e sacarose) a partir de energia solar. Portanto, tanto potencialmente quanto de fato, sua participação nos impactos sobre energia e recursos materiais não é como *usuário* dos recursos, mas muito mais como *fornecedor*. Neste sentido é um caso clássico de “sustentabilidade responsiva”, ajudando os outros setores; hoje isto é muito importante em energia, e começa a ser explorado em outros recursos materiais.

# Capítulo 1:

## Participação no uso de energia fóssil

No Brasil, a produção de etanol da cana-de-açúcar garante uma relação sem par entre a energia renovável disponível para consumo e os insumos fósseis gastos para obtê-la, com resultados pelo menos quatro vezes superiores aos registrados, nos Estados Unidos, com a de produção do etanol de amido de milho. Esta relação pode ainda crescer muito com o melhor aproveitamento dos resíduos para geração de eletricidade e outros energéticos.

### 1.1 Introdução; o contexto mundial

*Isaias de Carvalho Macedo*

NIPE / UNICAMP

Energia é essencial para a humanidade na busca de vida saudável e produtiva; ela é necessária à produção de alimentos, vestuário e de outros bens básicos, para edificações, residências, comércio, hospitais e saúde, educação e para o transporte de carga e pessoas. Por outro lado, a sua produção baseada em combustíveis fósseis (mais de  $\frac{3}{4}$  do total no mundo, hoje) tem resultado na poluição ambiental associada à extração, à poluição local do ar, à poluição regional com chuva ácida, à poluição global com as emissões de gases de efeito estufa. Sua utilização em larga escala claramente está levando ao esgotamento das fontes, deixando uma pesada carga adicional para as gerações futuras.

O desenvolvimento sustentável deve considerar, para o setor de energia, o uso mais eficiente de combustíveis baseados em fontes não renováveis, novas tecnologias para reduzir significativamente a poluição local e global resultante dos combustíveis fósseis e o aumento no desenvolvimento e implementação do uso de fontes renováveis de energia.

Provavelmente o exemplo mais espetacular de esgotamento de recursos não renováveis pela humanidade seja o uso do petróleo nos últimos cinquenta anos. Já em 1989 era previsível que, mesmo considerando todas as extensões possíveis para o uso do petróleo (conversão de gás natural, óleo não convencional, xisto, areias betuminosas) o pico de oferta ocorreria em torno de 2020 (petróleo convencional: antes de 2010). O uso de carvão em grande escala (se de todo possível, com suas limitações ambientais) poderia adiar em dez anos este pico de oferta.<sup>1</sup> As avaliações mais recentes não são mais otimistas, pelo contrário; o “Global Hubbert Peak” (época em que a oferta mundial de petróleo, convencional ou não, e líquidos de gás natural deixa de

<sup>1</sup> BOOKOUT, J.F.: “Two centuries of fossil fuel energy”, Episodes, vol. 12, 1989, pp. 257-262

<sup>2</sup> OLSON, R.L.: “The end of the oil age: How soon? How real? How critical?”, Institute for Alternative Futures, 2004

ser crescente, passando a declinar a cada ano) situa-se antes de 2020,<sup>2</sup> com algumas estimativas indicando antes de 2010 (em geral, em função da instabilidade atual que pode impedir o aumento da oferta de óleo pelo Oriente Médio).

O uso mundial de energia por fonte, em 2000, foi de 77% de fontes fósseis (cerca da metade em petróleo; gás natural e carvão dividem o resto); 15% de hidráulica e biomassa tradicional; 6% nuclear e 2% de renováveis “novas”.<sup>3</sup> As renováveis “novas” incluem a biomassa como energia comercial, como o etanol, enquanto a biomassa “tradicional” é essencialmente lenha e resíduos sem produção organizada e sustentável.

O mais importante (e preocupante) é a consideração que, dez anos após o pico de oferta de óleo, será necessário ter um substituto para cerca da metade do óleo que usamos hoje; um substituto para 10 a 15 bilhões de barris por ano.

Uma forte restrição que será imposta às soluções buscadas vem do reconhecimento hoje de que os combustíveis fósseis são os maiores responsáveis pelas emissões de GEE antropogênicos e de que o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico é responsável por mudanças climáticas globais. Do nível de concentração pré-industrial (~250 ppm) atingimos hoje cerca de 380 ppm; as emissões anuais subiram de 1,9 Gt C / ano (1954) para 7,0 Gt C / ano, em 2003. Se as emissões forem sustentadas neste nível (7,0 Gt C / ano) poderíamos atingir, nas próximas décadas, uma concentração de equilíbrio de ~500 ppm.<sup>4</sup>

A magnitude do problema e o tempo muito escasso para implementar soluções (de fato, desenvolvê-las) vêm sendo de certo modo “ignorados” por grande parte dos responsáveis, em parte com considerações vagas sobre as reservas de carvão e novas tecnologias “mais limpas” para seu uso, e mesmo com a volta em grande escala da energia nuclear. Os já convencidos da necessidade da sustentabilidade ambiental vêm nas energias renováveis (solar, biomassa, eólica, hidráulica) e na conservação de energia em todas as suas possibilidades (incluindo a racionalização do uso final) a resposta natural.

A implementação de qualquer fonte alternativa ao petróleo apresenta desafios. Para as não renováveis (gás natural, carvão, xisto) o custo, a necessidade de seqüestro do carbono, outros impactos ambientais e a disponibilidade (gás natural) são os principais. A conservação de energia é muito importante, mas não seria suficiente. Dentre as renováveis, hidráulica, biomassa e ventos são importantes mas também não suficientes; ondas, geotérmica e solar (PV) apresentam ainda custos muito elevados. Nuclear (fissão) coloca os problemas de tratamento do rejeito radiativo e de segurança.

O consumo global de energia tem uma forte motivação para crescer (não para ser estabilizado, muito menos para diminuir) em função da enorme desigualdade regional no seu uso. Hoje, cerca de um terço da população da

terra (dois bilhões de pessoas) não dispõe sequer de energia comercial para cocção de alimentos. Em 1992, um só país com 5% da população do mundo (Estados Unidos) utilizava 24% de toda a energia do planeta; dez anos depois, em 2002, este mesmo país aumentara em 21% o seu uso de energia. Os grandes crescimentos verificados na China e Índia, por exemplo (e suas conseqüências ambientais), indicam as mudanças que já estão ocorrendo.

Neste contexto complexo e difícil as metas de desenvolvimento sustentável com relação à geração e uso de energia objetivam que as atividades e os setores da economia procurem diminuir a demanda por recursos naturais (fontes fósseis), buscando a diversificação e fontes renováveis, e no uso de todas as fontes procurem reduzir os impactos ambientais. Em geral, o progresso nesta direção pode ser avaliado por três indicadores de sustentabilidade:

- a intensidade energética (energia usada / PNB)
- a fração de energia renovável no consumo total de energia
- as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes da produção / uso da energia, (Mt C).

Como referência, para os Estados Unidos<sup>5</sup> a intensidade energética caiu de 19,7 para 13,1 (MJ/US\$ GDP) entre 1972 e 2000; a fração de energia renovável foi de 6,2 para 6,9% no mesmo período, enquanto a emissão total de CO<sub>2</sub> pelo uso de energia avançou de 1.224 Mt C para 1.562 Mt C. Considerando um conjunto de 23 países industrializados (exceto os Estados Unidos), em 1998 a intensidade energética era cerca de 30% inferior à dos Estados Unidos, e a emissão total de CO<sub>2</sub> (origem energética) era igual à dos Estados Unidos.

## 1.2 Oferta e uso de energia elétrica e combustíveis no Brasil

A oferta interna de energia no Brasil em 2002 foi de 198 Mtep: cerca de 2% da energia usada no mundo, para 3% da população mundial (Brasil:174,6 milhões de habitantes). A dependência externa de energia foi de apenas 14,4%. O uso final de energia foi de 177,4 Mtep (90% da Oferta Interna de Energia, OIE). O consumo de energia por habitante (em tep, tonelada equivalente de petróleo) evoluiu de pouco menos de 1 tep / habitante·ano em 1970 para 1,02 em 1987 e 1,13 em 2002. A evolução para apenas 1,13 parece pequena; mas a elasticidade da energia (OIE) / PIB no período foi de apenas 0,85 (muito influenciada pelo valor de 0,64 entre 1970 e 1980, quando houve grande substituição de biomassa “tradicional”, lenha, por GLP).<sup>6</sup>

Comparando: os Estados Unidos usam 8,1 tep / habitante·ano.

Em 2002 o Brasil utilizou três vezes mais energia que em 1970; a distribuição entre as fontes de energia mudou muito. Esta distribuição, muito diferente do perfil mundial, é uma característica importante do setor de energia no Brasil.

<sup>3</sup> SAWIN, J.L.: “Renewable power: on the brink of an energy revolution”, Worldwatch Institute, 2004

<sup>4</sup> SOKOLOW, R.; PACALA, S.; GREENBLATT, J.: “Wedges: early mitigation with familiar technology”, 7<sup>th</sup> Int. Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Vancouver, 2004

<sup>5</sup> PRICE, L.; LEVINE, M.: “Production and consumption of energy”, in: DERNBACH, J.C. (Ed.): *Stumbling towards sustainability*, Washington DC, Environmental Law Institute, 2002

<sup>6</sup> Ministério das Minas e Energia, Balanço Energético Nacional – BEN 2003, Brasília, 2004

**Tabela 1:** Fontes de energia, Brasil e Mundo, 1970-2002

Fonte de energia	Brasil, 1970 (%)	Brasil, 2002 (%)	Mundo, 2002 (%)
Petróleo	37	43,2	34,9
Gás natural	-	7,5	21,1
Carvão mineral	3	6,6	23,5
Urânio	-	1,9	6,8
Hidroeletricidade	5	13,6	2,3
Biomassa	55	27,2	11,5

As duas últimas são fontes de energia renovável.

A energia elétrica (13,6 % da oferta total de energia) atingiu 381 TWh (9,6% importados; apenas 7,7% de auto-produtores); cerca de 75% de origem hidráulica. Havia 82,5 GW de potência instalada, sendo 6,8% de auto-produtores.

Óleo e derivados (incluindo LNG), com 43,2% da oferta, corresponderam a ~1,5 milhões de barris / dia; a dependência líquida de importações foi de 12,8%, principalmente em diesel, GLP e nafta.

O gás natural, em expansão, correspondeu a 7,5% da oferta, com 25% de importação.

A oferta de lenha (11,9% da oferta total) correspondeu a 76 Mt; foi utilizada pelos setores doméstico (33%), industrial (29%) e na produção de carvão vegetal (38%).

O setor de produção da cana-de-açúcar forneceu 12,8% da oferta total, com a produção de 0,22 milhões de barris / dia de etanol e 87,2 Mt bagaço (sendo 7,2 Mt para usos não energéticos).<sup>6</sup>

Por outro lado, o consumo final de 177,4 Mtep foi realizado principalmente nos setores de transportes (27%), industrial (65,1 %) e residencial (12%).

Entre 1970 e 2002 nossa fração de “energia renovável” caiu de 60% para 41%. Esta redução correspondeu à entrada do GLP (gás liquefeito de petróleo) e do óleo combustível como substitutos da lenha, com muito maior eficiência (nos setores doméstico e industrial) e também do coque metalúrgico substituindo o carvão vegetal na siderurgia. No início dos anos 1970 a produção de lenha era na maior parte não renovada, em parte predatória, com uso principal para energia. Nos anos 1980 a produção de energia no Brasil distanciou-se do modelo ainda largamente dominante em países em desenvolvimento: grande uso de biomassa “tradicional”, essencialmente lenha de desmatamentos. Um exemplo notável é que a disponibilidade de energia comercial (no caso, GLP) para cocção de alimentos no Brasil atinge hoje 98% de todos os domicílios, enquanto um terço da população do mundo não tem acesso a ela.

A tendência atual é novamente para o aumento da energia de biomassa, mas em bases sustentáveis; o carvão vegetal de florestas plantadas é um

exemplo. No período, houve aumentos grandes na hidroeletricidade (5 para 13,6%) e nos produtos da cana (4 para 12,6%); o total de energia renovável (~41%) é substancialmente maior que no mundo (14%). A participação relativa de gás natural, urânio e carvão mineral no Brasil é cerca de um terço da participação (%) no mundo.

Uma consequência é que o Brasil aparece com uma posição privilegiada, com emissões de 1,7 t CO<sub>2</sub> equivalente / tep, contra a média mundial de 2,36. É muito possível que o setor de cana-de-açúcar aumente substancialmente a produção de etanol, uma vez que este compete hoje com a gasolina e a demanda internacional tem aumentado. Isto trará efeitos também na produção de energia elétrica (co-geração nas usinas de açúcar).

De um modo geral, o suprimento de energia para o crescimento do Brasil não desperta preocupações por falta de opções; o país dispõe de recursos renováveis abundantes (biomassa e energia hidráulica); mesmo na área de combustíveis fósseis, no curto prazo petróleo e gás natural atenderiam as necessidades previsíveis. Há reservas importantes de urânio e carvão. Há espaço para aumentar as eficiências de uso, e reduzir desperdícios de energia.<sup>6</sup> Por outro lado, há uma certa deficiência de planejamento integrado sólido e sustentado para a área energética. Dois casos críticos onde políticas são deficientes: no setor elétrico, para a geração térmica complementar e, em geral, para a geração distribuída; e na área de combustíveis para transportes (um setor que usa 27% de toda a energia do país), onde as oscilações rápidas nas opções (“dieselização” da frota, etanol; gás natural veicular – GNV, veículos flexíveis etc.) têm ocasionado prejuízos muito elevados.

Estes dois casos são pertinentes para a análise da participação do setor produtivo da cana-de-açúcar na substituição de energia fóssil no Brasil (na situação de hoje e na perspectiva dos próximos anos).

### 1.3 Geração distribuída (e co-geração) no Brasil: os próximos vinte anos

*Jayme Buarque de Hollanda*

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética

*Marcos José Marques*

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética

As políticas de energia elétrica por muito tempo priorizaram o atendimento às necessidades da população através de sistemas de geração central (GC), baseados em geradores de grande porte, localizados normalmente longe dos centros consumidores. O raciocínio é que apenas produzindo em grande escala é possível garantir custos moderados, apesar dos inconvenientes associados a

complexos sistemas de transmissão onde de 10 a 15% da energia produzida se perdem, acarretando, na ponta, a necessidade de 20 a 30% a mais de potência.

Este conceito se firmou em todo o mundo ao longo do século passado, quando foram moldados sistemas elétricos em torno de grandes monopólios, vários integrando verticalmente a geração, transmissão e distribuição. Depois das sucessivas crises do petróleo, a busca de novas alternativas e uma verdadeira revolução tecnológica possibilitaram a viabilização crescente da chamada geração distribuída (GD): a geração elétrica feita próxima ou junto à carga.

O desenvolvimento ocorreu sobretudo em países onde se expandiu a oferta do gás natural distribuído facilitando o uso da co-geração: uma termelétrica em que o calor que seria perdido na GC é usado em processos (produção, aquecimento ou resfriamento). Esta solução mais eficiente é típica de GD, pois a energia térmica não pode ser transportada a grandes distâncias; o calor rejeitado, aproveitado na GD, contém mais da metade da energia do combustível usado, e esta economia compensa os custos associados às pequenas escalas de produção. Mas a GD não está limitada a esta tecnologia, a limitações de porte ou a fontes específicas. Pode utilizar painéis solares, energias disponíveis em processos produtivos sob a forma de gases e resíduos combustíveis, e outros.

No Brasil a GD ainda tem uma participação mínima na oferta de energia elétrica, apesar do grande potencial. Para citar um item, a biomassa da cana-de-açúcar processada na safra 2003/04, que tem um conteúdo energético da ordem de 34 milhões de tep,<sup>7</sup> está sendo usado com baixa eficiência na indústria sucroalcooleira pela dificuldade de exportar eletricidade para o setor elétrico. Comparando, a energia hidráulica usada em um ano é da ordem de 25 milhões de tep; e a produção de petróleo no país é da ordem de 80 milhões de toneladas.

Embora a GD não tenha sido formalmente impedida, foi dificultada por quebrar um paradigma centenário e alterar as bases econômicas do serviço tradicional. Por exemplo, o aproveitamento energético integral da cana, preconizado ao fim da segunda fase do Proálcool, foi desconsiderado por não se ajustar à cultura tradicional do setor elétrico. A ausência de uma política estruturada para o gás natural fez com que fosse priorizado o seu uso na geração centralizada, opção fracassada que contrasta, por exemplo, com o ocorrido em Portugal, onde o GN foi precedido por um trabalho de desenvolvimento da co-geração junto aos consumidores, criando inclusive um mercado secundário e aumentando a flexibilidade operacional. O desenvolvimento da GD passa, também, por vencer a inércia de alguns posicionamentos de novos atores e pela percepção das oportunidades que se colocam. Este processo pode ser acelerado se forem removidas algumas resistências de natureza cultural, desde que haja vontade política.

O novo modelo do setor elétrico (Lei 10.848/04) e sua regulamentação, ao reconhecer a GD e retirar algumas barreiras para as distribuidoras, apesar de algumas indefinições nos aspectos operacionais, cria condições para o pleno desenvolvimento deste potencial. A expansão da GD no Brasil deve contar com dois fatos complementares. De um lado, o setor elétrico tradicional não dá mostras de ter capacidade para atender o crescimento da demanda; de outro lado, o país tem pelo menos duas vocações de GD muito importantes e que estão passando por um processo de amadurecimento. Vale a pena detalhar estes pontos.

As crises do setor elétrico vêm se sucedendo desde o final dos anos 1990 e só não foram mais agudas porque o país tinha uma sobre-capacidade instalada e o crescimento da demanda nesses anos foi medíocre. O modelo que organizaria o setor em novas bases, incorporando um amplo processo de privatização, criou uma situação em que os investimentos em novas unidades de GC não ocorreram, levando o governo a fazer, já em 1999, uma intervenção com um programa de incentivo à construção de termelétricas (PPT) que se mostrou completamente equivocado. A falta de energia acabou desembocando na crise de 2001, resolvida em grande parte pelo encolhimento do mercado e por ações decisivas no âmbito da conservação. Seguiu-se um período de imobilismo e, ao longo de quase três anos, perduraram as ações para a instalação de novas unidades de GC.

É interessante notar que a crise mostrou a conveniência da GD, mas, em lugar de desenvolver os potenciais do país junto aos consumidores com potencial para GD, optou-se por uma solução centralista e “transitória”, com a CBEE – Comercializadora Brasileira de Energia Emergencial. O único aspecto da reforma que teve sucesso foi o da construção de linhas de transmissão que foram consideradas monopólios naturais. Enquanto os custos para este serviço eram “empacotados” com outros custos, principalmente os da geração já amortizada, não foram sentidos em sua verdadeira dimensão. Entretanto, com a adoção de uma política de custos mais realista, os preços da transmissão aumentaram muito e apontam para um crescimento na margem, fator que ainda mais valoriza o fortalecimento da GD.

Hoje, um cenário baseado exclusivamente na GC para atender a nova demanda com investimentos privados configura-se pouco provável. Por outro lado, as atratividades em GD voltam a crescer com a descoberta anunciada em 2003 de importantes reservas de gás natural próximas dos principais centros urbanos e industriais do Brasil. Considerando os problemas de sua destinação à GC no passado, a Petrobras tem declarado a intenção de distribuir este gás.

Também o álcool, cujo uso como combustível vinha diminuindo até o final da década passada, quando em algumas esferas de governo já se trabalhava com a hipótese de substancial redução da sua utilização em transportes, passou a ter um novo espaço. Hoje a demanda pelo álcool passa

<sup>7</sup> Estimado a partir do Balanço Energético Nacional – BEN 2002, ajustado para considerar a palha hoje queimada no campo, um crescimento da oferta de 20% até o presente e considerando um uso automotivo do álcool de 6 milhões de tep.

por um *boom* de crescimento seja no mercado externo (é o único oxigenador da gasolina “limpo” e vem sendo adotado em vários países em substituição ao MTBE), seja no mercado interno onde, ao lado de um preço atraente, crescem as vendas de veículos a etanol e bi-combustíveis.

O setor de cana-de-açúcar tem ampliado sua base instalada em GD mesmo depois da crise, quando a construção da GC ficou parada. A incorporação deste novo negócio desvinculado dos demais pode reduzir riscos, levando a um círculo virtuoso de redução de custos de todos os produtos. Sinergia parecida aconteceu com a implementação do Proálcool, quando o setor utilizou a modernização da produção de açúcar e se beneficiou intensamente do novo estímulo, elevando a produtividade agrícola e industrial e baixando os seus custos, hoje entre os menores do mundo. A existência de energia confiável e matéria-prima (sacarose) abre a perspectiva de novos produtos, como ocorre no beneficiamento do milho. Esta forma de GD tem vários outros aspectos interessantes: entre eles, a maior confiabilidade e qualidade da energia, e a maior utilização de mão-de-obra por unidade de energia gerada. Para as usinas, traz a oportunidade para recuperar e modernizar os sistemas de energia, tornando-os mais eficientes e produtores de excedentes.

A energia é competitiva, como mostram as operações já existentes com distribuidoras e mesmo com a recente oferta de venda de mais de 300 MW por R\$93 por MWh no âmbito do PROINFA, quando os custos projetados para novas hidrelétricas e termelétricas são, respectivamente, de R\$ 105 e R\$ 120 por MWh.

Portanto, um cenário que enfatize de forma crescente a GD parece ser a forma mais eficaz para atender a nova demanda por energia elétrica, em bases atraentes para a iniciativa privada. Com a entrada de grande número de novos atores, a demanda seria atendida de forma mais ajustada a seu crescimento, com menos investimentos ociosos. A GD é a forma mais indicada para atender as necessidades de alguns consumidores específicos, mas indiretamente beneficia todos os consumidores interligados ao sistema elétrico. Como apenas setores específicos têm capacidade de realizar a GD de forma competitiva, a maioria dos consumidores de eletricidade continuará dependendo do sistema interligado que leva a ele energia independente da origem, GC ou GD. Mesmo quando paradas, unidades de GD aumentam as reservas de potência junto às cargas, reduzindo os riscos de apagões e dispensando soluções improvisadas como foi a CBEE. Portanto, a GD não compete e sim complementa e melhora o sistema de GC existentes e futuros.

Existe um amplo espaço para que o desenvolvimento da GD ocorra de forma harmônica e complementar ao sistema de GC existente e a ser construído; aos poucos autoridades e reguladores vão considerar este como um cenário natural, aperfeiçoando normas e diretrizes que pressuponham implicitamente a GD, como vem ocorrendo em diversos países.

É difícil fazer uma avaliação quantitativa sobre o papel a ser representado pela GD no Brasil. Estudos realizados pelo INEE mostram ser perfeitamente possível que responda por 10 a 20% das necessidades brasileiras em um horizonte de dez a quinze anos. Apesar desta participação parecer pequena, como a base de GD hoje é inexpressiva (menos que 5%), o seu incremento pode representar um percentual expressivo do novo potencial em uma atividade que em poucos anos estará movimentando alguns bilhões de reais por ano.

#### 1.4 Produção de energia pelo setor da cana-de-açúcar: substituição de combustíveis fósseis

Isaias de Carvalho Macedo  
NIPE / UNICAMP

A produção de cana-de-açúcar no Brasil apresenta uma característica importante, entre outras: o sistema produtivo foi concebido e desenvolvido (variedades, práticas agrícolas) para não depender de irrigação. Buscou-se atingir altos níveis de conversão fotossintética (mas principalmente de sacarose / hectare) com variedades selecionadas e com o reciclo de todos os subprodutos para o campo (inclusive da água dos colmos, na fertirrigação). A orientação básica nunca foi para a máxima produção de biomassa. Seria possível obter valores muito maiores de biomassa com o uso de irrigação, e/ou com a escolha de variedades específicas, que no entanto reduziriam (dentro das opções de hoje) os valores de sacarose / ha, ou em última análise aumentariam o custo (R\$ / t) da sacarose. Esta não é – no momento – uma opção considerada.

##### 1.4.1 Oferta atual de energia pelo setor

Para o ano de 2002, a partir de uma amostragem de usinas principalmente no Centro-Sul, as características de produção eram<sup>8</sup>:

- Colheita de cana: a estimativa para o Brasil é de 65% de colheita manual e 35% mecanizada; 80% de cana queimada e 20% de cana sem queimar.
- Teor de açúcar e fibra nos colmos: as médias entre 1998 e 2002 foram 14,53 sacarose % cana, e 13,46 fibra % cana (Centro-Sul).<sup>9</sup>
- Produtividade agrícola: a média para o Centro-Sul, diversas regiões, de 1998 a 2002 foi de 82,4 t cana / ha-ano (sobre a área colhida); a idade média de reforma foi de 5,33 cortes (2001-2002).<sup>9</sup> Considerando 5 cortes, a produtividade (área total) é de 68,7 t cana / ha-ano.

A produção de cana no Brasil evoluiu de 80 Mt / ano (1970) para 149 Mt / ano (1980); 222 Mt / ano (1990); 256 Mt / ano (2000); e 350 Mt / ano (2003). Neste ano, cerca de 50% da cana era utilizada na produção de etanol e a outra metade, na produção de açúcar. Estes valores referem-se ao

<sup>8</sup> MACEDO, I.C.; LEAL, M.R.L.V.; SILVA, J.E.A.: “Emissões de gases de efeito estufa (GEE) na produção e uso do etanol no Brasil: situação atual (2002)”, São Paulo, Secretaria Estadual do Meio Ambiente, 2004

<sup>9</sup> CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, Controle Mútuo Agrícola Anual – Safras 1998/1999 a 2002/2003

peso de colmos prontos para o processamento industrial, excluída a matéria vegetal das pontas e folhas da cana.

0,14 t (MS) bagaço	90% para energia na usina
0,14 t (MS) palha	queimada no campo
0,145 t (MS) sacarose	açúcar; etanol; outros

Na operação do sistema, as usinas usam certa quantidade de combustíveis fósseis (operações agrícolas, industriais, transportes; mais a energia embutida nos insumos agrícolas e industriais; mais a energia usada na produção dos equipamentos, prédios, etc.). Com isto (e a energia solar) elas produzem no campo a cana (palha, bagaço e sacarose); parte do bagaço é usado para produzir energia (co-geração: energia elétrica e térmica, para os processos de produção de açúcar e etanol na usina); parte é usada em indústrias externas. A palha não é utilizada, ainda. Cerca de metade da sacarose produz etanol (que substitui gasolina); a outra parte é usada na produção de açúcar. Hoje a energia elétrica produzida pelas usinas é suficiente para o seu abastecimento, mas tecnologias convencionais (ciclos a vapor, pressões médias) começam a ser usados produzindo grandes excedentes que são vendidos.

O balanço global de energia no sistema para a produção de etanol é resumido abaixo,<sup>8</sup> na **Tabela 2** (a produção de açúcar tem os mesmos “gastos” energéticos, mas não tem o etanol como energia produzida).

**Tabela 2:** Consumo e geração de energia na produção de cana e etanol

	Valores médios (kcal / t cana)	
<b>Produção de cana-de-açúcar (total)</b>	<b>48.208</b>	
Operações agrícolas	9.097	
Transporte	10.261	
Fertilizantes, insumos, mudas, equipamentos	28.850	
<b>Processamento para a produção de etanol</b>	<b>11.800</b>	
Eleticidade (comprada)	0	
Produtos químicos, lubrificantes	1.520	
Prédios e instalações; equipamentos	10.280	
<b>Fluxos Externos de Energia</b>	<b>Insumo</b>	<b>Produção</b>
Agricultura	48.208	-
Indústria	11.800	-
Etanol produzido	-	459.100
Bagaço excedente	-	40.300
<b>Total</b>	<b>60.008</b>	<b>499.400</b>
Produção de energia renovável / Insumo fóssil	<b>8,3</b>	

O valor de 8,3 é extremamente interessante, indicando a grande capacidade do sistema para economizar energia fóssil; de fato, nenhum outro sistema de produção aproxima-se disto hoje (etanol de amido de milho, nos Estados Unidos, tem atingido nos melhores casos 1,4).

Para a parcela da cana usada para produzir açúcar, o balanço é praticamente zero (o que representa uma grande vantagem em relação ao açúcar produzido de beterraba, ou da hidrólise de amido, que têm balanço negativo).

No processamento da cana as usinas têm um auto-consumo de energia de:

- 12 kWh / t cana (energia elétrica)
- 16 kWh / t cana (energia mecânica, acionamentos)
- 330 kWh / t cana (energia térmica, para os processos)

A energia contida na palha e bagaço é muito superior a estes valores.

Além disso, como as necessidades de energia térmica são muito maiores que as de energia elétrica e mecânica, o sistema pode ser atendido com plantas de co-geração a vapor mesmo com eficiências de conversão termo-mecânica muito baixas; esta foi a opção utilizada nos anos 1970, quando a abundância de energia hidroelétrica conduzia a uma legislação que praticamente impedia a venda de excedentes das usinas para a rede (ver 1.3). Esta situação está mudando rapidamente, e a evolução tecnológica dos sistemas de geração de energia das usinas de açúcar e álcool tem sido um processo contínuo nos últimos vinte anos. Caldeiras com maior desempenho e capacidade e turbogeradores com potência nominal acima de 20 MW e com eficiências acima de 75% estão sendo comercializados,<sup>10</sup> os sistemas são de cogeração pura, vinculados à operação da usina.

Para 318 Mt cana (2002), comparando os consumos finais dos energéticos da cana com os consumos dos energéticos parcialmente substituídos no Brasil, temos:

Bagaço:	17,5 Mtep	Óleo combustível:	8,2 Mtep
Etanol:	6,5 Mtep	Gasolina:	12,4 Mtep
Eleticidade / en. mecânica:	9,7 Twh	Eleticidade:	321 TWh
Palha:	não usada hoje; com recuperação de 25%, equivale a 4,4 Mtep		

Portanto, a cana tem posição muito importante na substituição de combustíveis fósseis no Brasil; o Brasil apresentou em 2002 uma importação líquida de petróleo e derivados de 0,274 M barris/dia (e uma produção interna de 1,5 M barris/dia). O etanol substituiu 0,187 M barris/dia de gasolina (equivalente), em 2004. Entre 1976 e 2004 o etanol substituiu 1440 M barris de gasolina (cerca de 11,0% das reservas provadas de óleo e condensáveis no Brasil). O consumo final de bagaço como combustível para uso industrial foi

<sup>10</sup> LEAL, M.R.L.V.; MACEDO, I.C.: “Evolução tecnológica dos sistemas de geração de energia nas usinas de açúcar e álcool”, Viçosa, Renabio, 2004

igual à soma de todos os usos finais de gás natural e óleo combustível no país, em 2002; as energias elétrica e mecânica geradas (para uso interno) corresponderam a 3% da energia elétrica gerada no país.

#### 1.4.2 Aumento potencial da oferta, com a produção de cana atual

Em geral, os objetivos do setor incluem o aumento da eficiência no uso do bagaço, o desenvolvimento da recuperação e utilização da palha e de novos produtos (alto volume) da sacarose.

Dois alternativas principais são consideradas para aumentar a produção de energia pelo setor; a mais imediata (em execução) é o aumento da geração de energia elétrica. A segunda, dependente de desenvolvimentos de tecnologia em curso, seria a produção de etanol a partir dos resíduos (bagaço excedente e palha recuperada).

O aumento previsto da eficiência na co-geração, a redução dos consumos internos de energia e a recuperação da palha para uso energético têm sido muito analisados e começam a ser implementados. A recuperação da palha está ligada a programas de redução e controle da queima da palha no campo, motivados pela necessidade de controle da poluição atmosférica local (ver [item 3.3](#)); a cana não queimada já atinge 24% da produção em São Paulo, e deverá aumentar nos próximos anos.

Estimativas dos aumentos de excedentes de energia elétrica foram feitas para diversos níveis de tecnologia, convencionais ou em desenvolvimento. A operação com sistemas convencionais (vapor) em alta pressão, com 40% de palha recuperada, se implantada em 80% dos sistemas, poderia levar, com a produção atual de cana, a cerca de 30 TWh de excedentes (9% do consumo atual de energia elétrica).

A tecnologia mais promissora para possibilitar um aumento considerável da energia elétrica excedente gerada nas usinas do futuro (além da implementação da recuperação da palha) é a gaseificação de biomassa integrada à turbina a gás – BIG/GT. Os processos ainda não são comerciais.

Alternativamente, um dos processos muito buscados é o de hidrólise do material ligno-celulósico (bagaço excedente e palha) para a produção de etanol. Há um grande interesse nestes processos, porque a abundância de matérias-primas disponíveis em praticamente todas as regiões do mundo poderia tornar o etanol uma *commodity*, com grande número de produtores. Dentre os inúmeros processos em desenvolvimento <sup>11</sup> destacam-se os que buscam a conversão da celulose e hemicelulose, com tecnologia enzimática e com sacarificação e fermentação simultâneas, mas provavelmente processos intermediários serão comerciais antes. Um deles é desenvolvido no Brasil, sendo concebido para integração total com a usina de açúcar. <sup>12</sup>

Os dois maiores desafios encontrados nestes desenvolvimentos hoje são: para os processos enzimáticos, a grande redução necessária dos custos das enzimas (celulase), <sup>13</sup> e para todos, a necessidade de ter custos de biomassa próximos de US\$ 1,0 / GJ, para viabilizar os processos contra custos da gasolina em 2002. A indústria da cana no Brasil dispõe hoje de bagaço e pode recuperar palha nos volumes citados acima com custos entre US\$ 0,6 e 1,0 / GJ (valores corrigidos para 2004, com 1 US\$ = 2,7 R\$), <sup>14</sup> tornando-se muito atraente como usuária dos novos processos também pela sinergia com os processos atuais de produção.

Vários estudos específicos e revisões mais gerais do trabalho em hidrólise nos últimos vinte anos <sup>15, 16</sup> e previsões sobre resultados a atingir nos próximos anos <sup>17</sup> têm indicado que, dentro da grande variedade de processos, matérias-primas e hipóteses, é razoável trabalhar com cerca de 300 l etanol / t matéria seca, para os próximos anos; este valor pode aumentar (talvez 15%) em dez anos. Com esta base, se uma usina adotar a produção de etanol por hidrólise em detrimento de maiores excedentes de energia elétrica, poderia usar 30% de bagaço excedente (melhorando os processos) e 50% da palha para produzir cerca de 34 l etanol adicionais por tonelada de cana (toda a cana: para etanol ou açúcar).

#### 1.4.3 Aumento da oferta de energia associado ao aumento da produção

Dois grandes aumentos na produção de cana no Brasil ocorreram entre 1976 e 1983 (de 100 para 200 Mt cana / safra) e de 1993 para 1998 (de ~215 para 315 Mt cana / safra); o primeiro motivado pela implementação do etanol carburante e o segundo pela exportação de açúcar. O setor passa novamente por um ciclo de crescimento, agora pelo provável aumento da demanda tanto para etanol quanto para açúcar.

Pode-se verificar que para cada 100 Mt cana adicionais (considerando neste adicional 42% para açúcar, como indicam as projeções de demanda), se forem utilizadas as tecnologias comerciais disponíveis para aumentar a produção de energia elétrica, poderíamos ter:

Energia Elétrica Adicional:	12,6 TWh (ciclo a vapor, 40% de palha)
Etanol adicional:	4,9 Mm <sup>3</sup>

Portanto, a cada 100 Mt cana (42% para açúcar) o setor poderia ofertar adicionalmente 3,8% do consumo de energia elétrica atual; além de aumentar a oferta de etanol atual em 37%.

<sup>13</sup> U.S. DoE: NREL; [www.ott.doe.gov/biofuels/enzyme\\_sugar\\_platform.html](http://www.ott.doe.gov/biofuels/enzyme_sugar_platform.html), 2003

<sup>14</sup> MACEDO, I.C.: “O uso otimizado da cana-de-açúcar para Geração Distribuída”, VI Seminário Internacional de Geração Distribuída, INEE – WADE, Rio, Out 2003

<sup>15</sup> SADDLER, J.N. *et al.*: “Techno-economical evaluation of a generic wood to ethanol process: effect of increased cellulose yields and enzyme recycle”, *Bioresource Technology* 63, 1998, pp. 7-12

<sup>16</sup> FULTON, L.; HOWES, T.: “Biomass for transport fuels: an international perspective”, IEA/EET, 2004

<sup>17</sup> WOOLEY, R. *et al.*: “Lignocellulosic biomass to ethanol process design and economy utilizing co-current dilute acid pre-hydrolysis and enzymatic hydrolysis: Current and futuristic scenarios”, NREL / DoE, Jul 1999

<sup>11</sup> U.S. Department of Energy: [www.bioproducts-bioenergy.gov/pdfs/HistoryofOBPandCellulosicEthanol.pdf](http://www.bioproducts-bioenergy.gov/pdfs/HistoryofOBPandCellulosicEthanol.pdf)

<sup>12</sup> OLIVÉRIO, J.L.: “Fabricação nacional de equipamentos para a produção de álcool de co-geração”, Seminário BNDES: Álcool – Potencial Gerador de Divisas e Empregos, Rio, 2003

Alternativamente à produção de energia elétrica, e dependendo da época em que as tecnologias de hidrólise ficarem comercialmente disponíveis, seria possível ter uma oferta adicional de 3,4 Mm<sup>3</sup> de etanol, passando a 8,3 Mm<sup>3</sup> no total.

### **1.5 Resumo e conclusões**

- Contexto: o suprimento mundial de energia é baseado em combustíveis fósseis (75%); a escala de uso leva rapidamente ao esgotamento das fontes, deixando uma pesada carga adicional para as gerações futuras. Adicionalmente, o uso de combustíveis fósseis é responsável por grande carga de poluição local e pela maior parte da emissão de gases de efeito estufa. O uso de energia deve crescer, com o avanço de muitas regiões em desenvolvimento no mundo. O desafio atual é a busca de fontes renováveis de energia e de aumentos nas eficiências de geração e uso, numa escala sem precedentes.
- O Brasil apresenta um nível intermediário de consumo (1,13 tep / hab·ano) com alta concentração em fontes renováveis de energia (41%, contra 13,8% do mundo). Pode aumentar significativamente o uso da biomassa e outras, e melhorar as eficiências de geração e uso. Neste sentido, entre outras iniciativas, deve implementar a geração distribuída de energia elétrica (baseada em co-geração), que poderá chegar a 10-20% do total em 10-15 anos, e estabelecer uma política para o setor de combustíveis para transportes.
- O setor da cana-de-açúcar já apresenta uma expressiva contribuição (sustentabilidade responsiva) para a substituição dos combustíveis fósseis, indo muito além da sua auto-suficiência em energia (elétrica e térmica).
  - Gera 9,7 TWh de energia elétrica e mecânica  
(3% da eletricidade gerada no país)
  - Usa bagaço como combustível: 17,5 Mtep (equivalente à soma de todo o GN e óleo combustível usados no país)
  - Produz 180.000 barris/dia de etanol  
(50% de toda a gasolina usada no país)
- A melhoria de desempenho em energia do setor de cana (uso da palha, implementação de GD) pode levar a 30 TWh adicionais de energia elétrica; alternativamente, a implementação no futuro de processos para etanol de resíduos pode aumentar em 40% a produção de etanol, para a mesma produção de cana.
- Se concretizados os aumentos previstos na produção de cana nos próximos dez anos, para cada 100 Mt cana adicionais o setor ofertaria 3,8% do consumo de energia elétrica atual, e 4,9 Mm<sup>3</sup> a mais de etanol (supondo 58% da cana para etanol). A produção alternativa de etanol dos resíduos, quando tecnicamente possível, levaria a mais 3,4 Mm<sup>3</sup> de etanol.