

## CRISE AMBIENTAL E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Célio Bermann

**O**itenta e um por cento da atual oferta energética mundial, estimada em 11.435 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, é baseada nos combustíveis fósseis (IEA, 2007). As mudanças climáticas decorrentes das emissões dos gases de efeito estufa apontam uma crise ambiental em escala planetária sem precedentes.

Neste contexto, as energias renováveis aparecem como alternativa para reduzir os efeitos dessa crise. Entretanto, é extremamente difícil prever-se que essas fontes possam ser capazes de substituir a energia fóssil em um futuro próximo.

A esse respeito, as perspectivas estão longe de ser animadoras. As previsões para 2030 apontam para um cenário tendencial em que o petróleo manterá uma participação de 35% da oferta energética mundial, enquanto o carvão mineral responderá por 22% e o gás natural por 25% (2).

Por seu turno, as assim denominadas fontes renováveis – hidráulica, biomassa, solar, eólica, geotérmica –, que atualmente respondem por 12,7% da oferta energética mundial, poderão chegar a não mais do que 14% da oferta em 2030 (2).

Estima-se que o potencial eólico bruto mundial, seja de ordem de 500.000 TWh/ano (terawatt-hora por ano), o que significa mais de 30 vezes o atual consumo mundial de eletricidade. Desse potencial, no mínimo 10% é teoricamente aproveitável, o que corresponde a cerca de quatro vezes o consumo mundial de eletricidade.

Por seu turno, estima-se a existência de 2 trilhões de toneladas de biomassa no globo terrestre, ou seja, cerca de 400 toneladas *per capita*, o que, em termos energéticos, corresponde a oito vezes o consumo mundial de energia primária, hoje da ordem de 400 EJ (exa-joules) por ano. Projeções da Agência Internacional de Energia (IEA) indicam que o peso relativo da biomassa na geração mundial de eletricidade, deverá passar de 10 TWh em 1995, para 27 TWh em 2020.

No contexto internacional, os esforços na direção da ampliação da participação das energias renováveis são hoje objeto de um intenso debate. Particularmente no que se refere aos biocombustíveis, as controvérsias alcançam maior vigor nas discussões que opõem a expansão das monoculturas à produção alimentar. No que se refere à geração de eletricidade, a principal questão reside nos altos custos das fontes alternativas em relação às fontes tradicionais, o que impõe a necessidade da implementação de diversas estratégias de apoio a essas fontes, via-de-regra baseada na adoção de subsídios.

No Brasil, esse debate também se apresenta de forma aguda. Segundo dados preliminares do Balanço Energético Nacional (BEN, 2007) cerca de 45,8% da Matriz Energética do Brasil é renovável, frente aos 12,7% correspondentes à oferta energética mundial, como já assinalado. No entanto, 75% da energia elétrica do país é gerada em grandes usinas hidrelétricas, o que provoca significativos impactos ambientais, tais como o alagamento dessas áreas e a conseqüente perda da biodiversidade local. Os problemas sociais não são menores, como o da remoção de famílias das áreas atingidas pelos

empreendimentos hidrelétricos. Cerca de 250 mil famílias, ou quase um milhão de pessoas já foram expulsas de suas terras, sendo que menos de 10% receberam algum tipo de indenização.

Por seu turno, a lenha e carvão vegetal que representam 12% da oferta energética nacional, são entendidos como fontes renováveis, muito embora nesta conta não se considere a proporção ainda relevante da lenha e do carvão vegetal obtidos da mata nativa.

Ainda, 15,7% correspondem aos derivados da cana-de-açúcar (etanol e bagaço) obtidos a partir da atividade sucroalcooleira, cujos problemas sociais e ambientais não podem ser desprezados.

Este artigo faz uma análise das políticas de inserção das fontes renováveis de energia no Brasil, assinalando os problemas sociais e ambientais dos biocombustíveis (etanol e biodiesel) e das fontes alternativas de geração de eletricidade (eólica; biomassa e pequenas centrais hidrelétricas). O objetivo é reunir elementos para contribuir para o debate do papel das energias renováveis frente à atual crise energética de fundo ambiental.

### 1. BIOCOMBUSTÍVEIS

#### 1.1. ETANOL

O Proálcool – Programa Nacional do Álcool –, criado em novembro de 1975, é hoje a expressão mais elaborada das dificuldades de implantação de um programa de substituição de combustíveis fósseis sob ação dos mecanismos de mercado, que se seguiram à primeira fase onde prevaleceram os subsídios governamentais. É também o exemplo mais evidente de como eventuais benefícios ambientais são apropriados para manter privilégios. Por exemplo, durante os primeiros vinte anos, o programa foi fortemente subsidiado pelo governo. Em 1996, os usineiros deviam US\$ 4 bilhões ao setor financeiro e US\$ 5 bilhões à Petrobrás (Conta Álcool), dívidas estas que nunca foram saldadas.

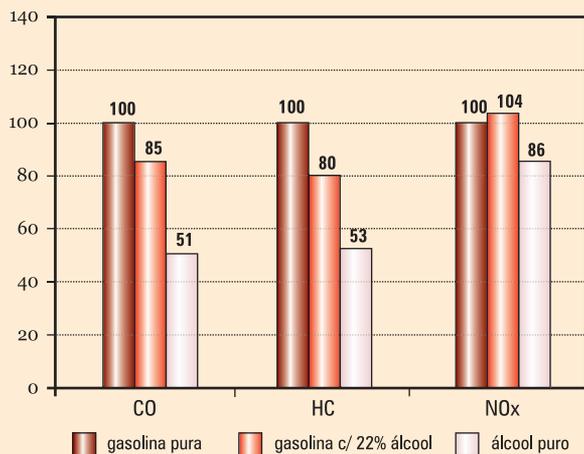
Lançado em 1975, após o primeiro choque mundial do petróleo, o Proálcool foi sendo aperfeiçoado até absorver 8% da área cultivada do país e criar mais de um milhão de empregos – 800 mil diretos e 250 mil indiretos – em todo o país (dados para 1991). Segundo dados da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), para 2005, dos 19 milhões de hectares de cana plantados no mundo, 5,8 milhões estão no Brasil. Ainda conforme dados para 2005, o país queima, por ano, 6,2 bilhões de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de álcool hidratado, o carburante que mistura 96% de álcool e 4% de água. Além disso, são mais 7,8 bilhões de m<sup>3</sup> de álcool anidro que são adicionados à gasolina na proporção de 22-25% (MME/EPE, 2006).

Verifica-se que os volumes de produção do álcool hidratado seguem a instabilidade que marca o Proálcool nos últimos trinta anos. A crise de abastecimento ocorrida em 1989, marcada pela falta intermitente do produto nas principais cidades do país, começou em abril de 1989 e não poupou nem mesmo os postos de abastecimento da região de Ribeirão Preto e Sertãozinho, que concentrava 40% da produção de álcool do estado de São Paulo, responsável pela produção de 7 bilhões dos 11 bilhões de álcool que eram produzidos no Brasil. A retomada da produção do álcool hidratado a partir de 2003, se deveu a entrada da produção dos veículos *flex fuel*, que possibilitam a utilização da gasolina e/ou do álcool em proporções variadas.

Por seu turno, a produção do álcool anidro está associada às variações do mix gasolina/álcool anidro, que são definidas pelo Conselho Interministerial de

Gráfico 1 - Emissões de poluentes segundo o combustível utilizado

Fonte: Anfavea, 2005 apud (3).



Açúcar e Álcool (Cima), numa proporção que varia entre 22% e 25%. Cabe salientar os benefícios de ordem ambiental decorrentes da substituição da gasolina pelo álcool etílico. Adicionado na proporção de 22-25% à gasolina, o álcool anidro atua como anti-detonante, o que permitiu a substituição do venenoso chumbo tetra-etila. Sem dúvida, o coquetel de emissões formado pelo monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e de enxofre, além de metais pesados como o chumbo, seria bem mais prejudicial para a saúde humana que vive hoje nas grandes aglomerações urbanas brasileiras, não fosse esse mix constituído pela gasolina e etanol.

Os benefícios ambientais da adição do álcool anidro à gasolina podem ser visualizados no Gráfico 1, que compara a redução de emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NOx), considerando como 100% as emissões do motor a gasolina pura.

O monóxido de carbono é um gás tóxico, incolor e inodoro emitido pela combustão incompleta na queima do combustível. Essa substância reduz sensivelmente a capacidade do sangue de transportar oxigênio causando problemas de oxigenação nos tecidos dos órgãos, causando problemas como a diminuição do raciocínio e percepção. Verifica-se que a mistura com 22% de álcool anidro reduz em 15% as emissões de CO enquanto que com o álcool hidratado, as emissões se reduzem pela metade.

Quanto aos hidrocarbonetos (HC), substâncias compostas por hidrogênio e carbono, conhecidos como um dos precursores na formação do ozônio troposférico (de baixa altitude) – substância considerada tóxica, pois em altas concentrações, reduz a função pulmonar e a resistência respiratória a infecções –, a redução com a mistura com 22% de álcool anidro atinge 20%, enquanto que com o álcool hidratado, a exemplo do que ocorre com o CO, as emissões também se reduzem pela metade.

No que se refere aos óxidos de nitrogênio (NOx) que, a exemplo do que ocorre com os hidrocarbonetos, são também precursores na formação do ozônio de baixa altitude, a mistura com 22% de álcool anidro aumenta a emissão, sendo que com o álcool hidratado, as emissões se reduzem em 14%.

Ainda, a emissão de aldeídos, substâncias provenientes da oxidação incompleta de alcoóis, é bastante elevada para o álcool hidratado, alcançando o do-

bro em relação à gasolina pura, enquanto que para a mistura com 22% de álcool anidro, a emissão de aldeídos é a mesma.

Apesar do aumento dos hidrocarbonetos e dos aldeídos, o impacto na qualidade do ar não é significativa, pois os acetatos emitidos pelo álcool são menos nocivos à saúde quando comparados aos emitidos pelos combustíveis fósseis (3).

### Queimadas

O período que antecede a colheita da cana tem sido marcado pela emissão de grandes quantidades de material particulado decorrente da queima da palha. Esse material particulado ultrapassa a barreira nasal e deposita-se nos brônquios causando processos infecciosos.

Franco (4) apresentou as seguintes considerações sobre as queimadas de cana-de-açúcar e a saúde humana: (a) durante a época das queimadas dos canaviais há uma piora na qualidade do ar na região; (b) a queimada dos canaviais não é o único fator de agravamento da qualidade do ar, mas em consequência da extensão da área plantada e da duração das queimadas, final de abril a início de novembro, as descargas de gases e de outros poluentes na atmosfera da região ganham um significado importante e não podem ser menosprezados; (c) a população de risco, que tem sua qualidade de vida e de saúde agravada em condições atmosféricas adversas, é bastante significativa; (d) a maioria das pessoas que compõem a população de risco demanda um número muito maior de consultas, internações, medicação e atendimentos ambulatoriais. Isso onera não só os serviços médicos, mas as economias das famílias. Com a utilização do expediente das queimadas, realizadas nos períodos secos (julho a setembro), verifica-se nesses períodos, um significativo aumento das concentrações de monóxido de carbono (CO) e de ozônio (O<sub>3</sub>), além de material particulado, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), este na proporção de 2,1 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare de cana queimada.

No estado de São Paulo, a Lei Estadual 11.241, de 19 de setembro de 2002, estabeleceu a redução gradativa da queima prévia da cana nas áreas mecanizáveis, com eliminação total desse procedimento até o ano de 2021. Nas áreas não mecanizáveis, com extensão superior a 150 hectares, a queima deve ser eliminada até o ano de 2031.

Com a obrigatoriedade da extinção gradual das queimadas como forma de facilitar o corte manual da cana, a colheita mecanizada teve uma expansão acelerada, provocando a redução de diversos postos de trabalho.

### Uso da água

Na produção de um litro de álcool gasta-se 13 litros de água, e ainda sobram 12 litros de vinhoto, sub-produto extremamente poluente normalmente utilizado na adubação dos canaviais.

Um estudo do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) mostra uma redução significativa no consumo de água pelas usinas no Centro-Sul do país na última década. Segundo o levantamento, o consumo médio de água em 1990 era de 5,6 metros cúbicos por tonelada de cana-de-açúcar produzida. Sete anos depois, esse consumo médio estava em 5,07 metros cúbicos por tonelada. O dado mais recente, de 2005, revela que, na média, as usinas captam 1,8 metro cúbico de água por tonelada produzida.

Os circuitos fechados de água são os principais responsáveis pela redução no consumo por permitirem o reuso da água, ou seja, o reaproveitamento do mesmo efluente. A lavagem da cana, por exemplo, é uma das etapas da produção que consome muita água. Há duas maneiras de reduzir o consumo da

**Tabela 1: Balanço de energia na produção de álcool, com diversas matérias-primas**

Fonte: (6; 7)

Matérias-primas	Energia renovável / Energia fóssil usada	Produtividade (litros/ha)
Álcool de milho (EUA)	1,3-1,6	4.700
Álcool de cana-de-açúcar (Brasil)	8,9	7.000
Álcool de beterraba (Alemanha)	2,0	1.600
Álcool de sorgo sacarino (África)	4,0	1.100
Álcool de trigo (Europa)	2,0	1.100
Álcool de mandioca	1,0	4.900

água neste caso: uma é adotar o circuito fechado, a outra é, simplesmente, parar de lavar a cana. E, para que seja possível, é preciso outro avanço das usinas na proteção ao meio ambiente: a eliminação gradativa da queima da cana na colheita.

A cana crua, obtida com a mecanização da colheita, não pode ser lavada porque há muita perda de açúcar no processo. Por isso, as usinas que já adotam a colheita da cana crua contribuem para a redução no uso de água na produção.

#### Destino do vinhoto

O vinhoto, também denominado vinhaça ou restilo, é um subproduto do processo de fabricação de açúcar e álcool de grande importância, não apenas devido a quantidade produzida (aproximadamente 12 litros para cada litro de álcool processado), mas principalmente em razão de seu poder poluidor. Caso o vinhoto seja despejado em cursos d'água, estes tornam-se impróprios para a utilização humana e provoca a morte de fauna e flora aquáticas devido às elevadas taxas de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Por exemplo, o vinhoto, em conjunto com as águas residuárias apresentam um grande volume (10,85 / litro de álcool) e carga orgânica com cerca de 175 g DBO5 / litro de álcool (5). A vinhaça é aplicada na lavoura de cana conjuntamente com as águas residuárias (lavagem de pisos, purgas de circuitos fechados, sobra de condensados), promovendo a fertirrigação (aplicação de fertilizantes através da água de irrigação) com aproveitamento dos nutrientes.

A partir do ano de 1978, a Portaria Ministerial nº 323, de 29 de novembro, proibiu o lançamento direto ou indireto do vinhoto em corpos d'água de qualquer natureza. Desde então, iniciou-se a aplicação da vinhaça como fertilizante nas lavouras de cana-de-açúcar, prática realizada até os dias de hoje. Atualmente, o vinhoto é integralmente utilizado na fertirrigação. O percentual da área atingida pela fertirrigação é muito variável, sendo que algumas usinas aplicam o vinhoto em até 70% da área de cultivo e outras apresentam valores bem menores. Mas, de maneira geral, a cada safra esse valor tem aumentado, pois as usinas têm buscado a utilização mais racional do vinhoto visando maior produtividade agrícola e redução no uso de fertilizantes químicos.

#### O etanol da cana-de-açúcar no contexto internacional

A diversidade de matéria-prima utilizada, que se verifica na produção de etanol nos vários países produtores, impõe a necessidade de se avaliar comparativamente as características do processo de produção de cada uma dessas matérias-primas.

Um dos parâmetros que pode ser analisado se refere à relação entre quantidade de energia fóssil gasta em toda a cadeia produtiva do etanol, e a quantidade de energia renovável que é obtida. Este número é importante para caracterizar a substituição do combustível fóssil – o quão bom o combustível novo é como substituto do fóssil. Outro parâmetro importante é a produtividade, determinada pelas características da matéria-prima com respeito ao uso de solo, produção de alimentos e de energia.

A Tabela 1 apresenta os dados desses dois parâmetros para as várias matérias-primas utilizadas para a produção de etanol.

Observa-se que a cana-de-açúcar se destaca por sua produtividade em relação às demais matérias-primas, mas também, e principalmente, pela significativa proporção entre a energia renovável obtida em relação à energia fóssil gasta.

Vale ressaltar outros dados referentes à produção de etanol a partir da cana-de-açúcar em comparação com as demais matérias-primas. Em termos de emissão de dióxido de carbono, no caso do etanol da cana o valor é de 0,4 tCO<sub>2</sub> equivalente por metro cúbico de etanol anidro, enquanto que o etanol de milho é de 1,9 tCO<sub>2</sub> equivalente por metro cúbico. Ainda, os custos de produção do etanol de cana no Brasil se situam na faixa de US\$ 0,20-0,25/litro, enquanto que os custos avaliados para o etanol de milho nos Estados Unidos são de US\$ 0,33/litro, para o etanol de trigo na Europa são de US\$ 0,48/litro, e para o etanol de beterraba na Europa alcançam US\$ 0,52/litro.

Verifica-se, portanto, que em todos os parâmetros considerados o etanol da cana produzido no Brasil apresenta as maiores vantagens comparativas.

O governo brasileiro está atualmente empenhado na implantação de um processo de certificação do agrocombustível (etanol e do biodiesel), que confira ao combustível alternativo um selo de qualidade que lhe permita obter reconhecimento internacional. A certificação identificará que tipos de combustíveis são produzidos de forma sustentável, ou seja, aqueles que cumprem todos os requisitos de proteção ambiental e social, ao não explorar a mão-de-obra na cadeia produtiva. Ela também criará as condições para que os combustíveis alternativos possam ser negociados internacionalmente, com cotação em Bolsa, a exemplo das demais *commodities*.

#### 1.2. BIODIESEL

No Brasil, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel foi implantado a partir da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 (Lei do Biodiesel), que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, altera as leis 9478, 9847 e 10.636, dá prazos para introdução do consumo de biodiesel na matriz energética brasileira, que são de 2% em volume até 2008 e 5% em volume em 2013, e que rege vários dispositivos, como alterações nas atribuições da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) na comercialização dos biocombustíveis.

Por sua vez, o Decreto nº 5.448, de 20 de maio de 2005, regulamentou a Lei nº 11.097, que fixou em 2% o percentual da mistura de biodiesel de caráter obrigatório, e autoriza percentuais maiores de mistura de biodiesel ao diesel de origem fóssil para uso em geradores, locomotivas, embarcações e frotas veiculares cativas.

#### Vantagens e desvantagens ambientais do biodiesel

A utilização do biodiesel representa um ganho ambiental significativo no que se refere à redução das emissões. Isso porque boa parte do gás carbônico emi-

tido na queima do combustível é absorvida durante o crescimento da cultura da matéria-prima utilizada na sua produção.

Na Europa, as emissões de gases de efeito estufa da queima de biodiesel têm sido avaliadas desde a última década, considerando-se o uso de canola e soja, e éteres metílicos. Os resultados, relativos ao biodiesel puro, indicam uma redução de 40% a 60% das emissões verificadas no diesel mineral.

A Tabela 2 apresenta os dados comparativos de emissões de gases poluentes, segundo a proporção de biodiesel presente no combustível.

Observa-se que o biodiesel promove uma redução das principais emissões associadas ao diesel derivado de petróleo, como por exemplo, de óxidos de enxofre (SOx). A redução é proporcional à quantidade misturada com o óleo diesel. Verifica-se também uma sensível diminuição (10%) das emissões de materiais particulados quando se usa a mistura de 20% de biodiesel e, segundo Knothe *et al.* (9), o uso desse combustível também diminui as emissões de hidrocarbonetos poliaromáticos, que são responsáveis pelo desenvolvimento de vários tipos de câncer.

Todavia, é importante salientar que os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) são as únicas substâncias cujas emissões aumentam quando se compara as emissões do biodiesel com as do diesel mineral. Os óxidos de nitrogênio reagem na atmosfera, principalmente sob ação da luz solar, formando um conjunto de gases agressivos denominados oxidantes fotoquímicos.

O mais importante dentre eles é o ozônio, que nas camadas inferiores da atmosfera exerce ação nociva sobre os vegetais, animais, materiais e o homem, mesmo em concentrações relativamente baixas. Nas plantas, o ozônio age como inibidor da fotossíntese, produzindo lesões características nas folhas. No homem, o ozônio provoca danos na estrutura pulmonar, reduzindo sua capacidade e diminuindo a resistência às infecções deste órgão, causando ainda o agravamento das doenças respiratórias, aumentando a incidência de tosse, asma, irritações no trato respiratório superior e nos olhos.

Nesse sentido, uma maior participação do biodiesel na composição do combustível, especialmente se for utilizado nos principais centros urbanos, contribuirá para aumentar ainda mais os índices de saturação do ozônio na baixa altitude, já presentes em várias cidades do país.

Portanto, apesar de parecer evidente as vantagens ambientais do biodiesel, estudos devem ser realizados para se comparar se o volume de subsídios que esse biocombustível receberá será menor do que os custos com saúde pública que ocorreriam, caso não houvesse a inserção desse combustível na matriz energética brasileira. Trata-se de verificar se não haveriam outras tecnologias mais eficientes do ponto de vista ambiental, do que a adoção do biodiesel. Por exemplo, deveria se investigar se a adoção de padrões mais rígidos de nível de poluentes no petrodiesel poderia trazer resultados ambientais mais satisfatórios do que o próprio biodiesel.

Estudos realizados para a Alemanha apontam que, a partir de uma porcentagem a substituir o diesel pelo biodiesel, a política do biodiesel seria menos eficiente do que outras medidas de mitigação de poluentes atmosféricos devido ao nível de subsídios necessários para esse combustível (10). Já para os Estados Unidos, Wassel e Dittmer (11) realizaram um estudo em que chegaram à conclusão de que para o país, o volume de dinheiro a ser dado para os produtores de biodiesel compensa os custos não incorridos em saúde e também pela adoção de novas tecnologias pelo menos até 2030.

Espera-se que o Brasil realize a análise dessas questões para que a política de investimentos nesse setor não se caracterize pelo uso ineficiente de recursos

Tabela 2 – Emissões de poluentes das diversas composições

Fonte: : Elaboração do autor com base em (8)

Poluente	B100 (100% de biodiesel)	B20 (20% de biodiesel)	B10 (10% de biodiesel)	B5 (5% de biodiesel)
Gases de efeito estufa	-78	-15	-7,5	-3,75
Óxidos de enxofre (SOx)	-98	-19	-9,5	-4,95
Material particulado	-50	-10	-5	-2,5
Óxidos de nitrogênio (NOx)	+13	+2,5	+1,3	+0,65

públicos. A Embrapa (12) estima que apenas para a recuperação dos solos para o cultivo de biodiesel serão necessários recursos da ordem de 40 bilhões de reais. Não se pode tratar a questão da inserção de um novo combustível na matriz energética de modo simplista e apressado, uma vez que seu nível de complexidade requer uma investigação sistemática das questões tecnológicas, econômicas, ambientais e sociais envolvidas.

### A questão da soja

Atualmente, no Brasil, 75% das emissões de gases efeito-estufa são provenientes das mudanças de uso da terra, dentre estas as que mais se destacam são as queimadas que ocorrem principalmente no cerrado e nas bordas da floresta amazônica e, mais recentemente, alcançando áreas mais profundas da floresta. Hoje, a expansão da área plantada com soja é uma das principais causas do desmatamento das florestas do estado do Mato Grosso. Ela é a maior responsável pelo número recorde de 26.130 quilômetros quadrados de desmatamento da Amazônia, entre agosto de 2003 e agosto de 2004, um crescimento de 6% em relação ao período anterior (13). O problema se estende também para o restante da floresta amazônica. Nos últimos anos, mais de 1 milhão de hectares de florestas foram convertidos em campos de soja na Amazônia. Deve-se, dessa maneira, considerar se o benefício proveniente da produção do biodiesel nessas regiões, em que poderá haver redução da floresta, terá um saldo positivo de emissões de gases de efeito estufa.

Estudos apontam que a dinâmica do desmatamento ocorre, sobretudo, pela expansão das grandes propriedades que se aliam às madeireiras da região. A primeira busca aumentar sua área de pecuária extensiva, principalmente, e de plantio; enquanto que a segunda captura madeira para a comercialização ilegal (14). Nesse contexto, o cultivo da soja em solo amazônico não se sustenta por mais de três anos, devido a fragilidade do solo dessa região. Além disso, os lençóis freáticos de algumas regiões da Amazônia se caracterizam por baixa profundidade, o que os deixa mais facilmente expostos à contaminação pelo uso de agrotóxicos.

A soja será uma das principais oleaginosas do programa de biodiesel, pois é, notadamente, a cultura mais bem estabelecida no território brasileiro. Mas, como demonstrado acima, isso poderá colaborar para uma alteração ainda maior da paisagem geográfica do país, causando malefícios para a biodiversidade e podendo contaminar os lençóis freáticos.

Além desses impactos ambientais, em termos sociais, a expansão dessa monocultura poderá causar o deslocamento de populações para outras regiões, provavelmente para as cidades também numa mesma região, devido à falta de emprego no campo, como observado anteriormente. Entre 1996 e 2004,

a produção de soja mais do que dobrou, enquanto o número de trabalhadores envolvidos caiu pela metade. A dinâmica da produção de soja tem se pautado pelo aumento da produtividade marcado por redução de mão-de-obra, mecanização, uso de fertilizantes e de sementes geneticamente modificadas. Além de empregar pouco, essa monocultura também apresenta uma dinâmica concentradora de terra. A grande propriedade expande suas fronteiras assediando o pequeno produtor para que lhe venda suas terras a preços acima do mercado. Vendida a propriedade, o pequeno proprietário migra para terras mais distantes e compra o dobro ou até o triplo de hectares que possuía anteriormente (13), ameaçando as florestas.

Cabe assinalar que, nos dias de hoje, esse processo de expansão da fronteira agrícola está se esgotando. O pequeno proprietário já não está encontrando mais terras e o fechamento da fronteira o impele para as grandes cidades.

Outro ponto que merece destaque é a presença de grandes empresas, situadas no Centro-Oeste e Sudeste, com produção de soja em larga escala.

### A redução da produção de outras culturas

O Brasil pode ser um dos grandes exportadores de biocombustíveis em nível mundial. Entretanto, não se pode permitir que a expansão dos cultivos de plantas oleaginosas destinadas à produção de biodiesel ameace a produção de alimentos. Segundo estudos, hoje já se observa a redução da produção de algumas culturas usadas na alimentação, como feijão, em prol do aumento da expansão das monoculturas (13).

Deve-se assegurar que as culturas básicas sejam produzidas para o mercado interno, ou seja, as políticas públicas devem ser desenhadas de modo que o preço dessas culturas não aumente muito e sua garantia de suprimento seja adequada às necessidades da população. Mas que também assegure a adequada remuneração da produção baseada na agricultura familiar.

Acredita-se que expansão do cultivo de plantas para a produção de biocombustíveis deve ser dar em áreas disponíveis, degradadas ou já desflorestadas. Entretanto, na maioria dos casos, tais áreas necessitariam de investimentos para serem adaptados ao plantio. De acordo com informações da Embrapa (12), a necessidade de investimentos para a recuperação dessas áreas tornaria mais vantajoso o desmatamento de áreas novas. Ou seja, pode ser mais barato derrubar florestas que recuperar áreas já disponíveis. Junto com todas as considerações relativas ao meio ambiente, no que diz respeito à soja e à mamona, essa informação coloca dúvidas com relação à capacidade do governo de articular o programa de modo que ele não se torne mais um vetor de desmatamento.

Além disso, deve-se recordar que os agrotóxicos podem causar a contaminação dos lençóis freáticos e o uso indiscriminado de fertilizantes agrícolas pode interferir no equilíbrio ácido-base dos solos.

Espera-se que os órgãos ambientais como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) trabalhem no sentido de criar resoluções que garantam a expansão segura das culturas usadas na produção de biodiesel. Além disso, fica evidente que aumenta o desafio dos órgãos ambientais de fiscalização para que se acompanhe esse processo. Apenas dessa maneira poderá se evitar que os benefícios ambientais obtidos na queima do biodiesel não sejam perdidos na sua produção.

Em termos ambientais, também é necessário que o governo federal dê condi-

ções à ANP de cumprir seu papel de agente fiscalizador do segmento de combustíveis, evitando que seja usado combustível fora das especificações e sem controle do nível de emissões. Também é necessário um acompanhamento do trabalho das distribuidoras, responsáveis pela mistura do biodiesel ao diesel. A eliminação do contingenciamento de recursos do orçamento da agência poderia colaborar nesse sentido, na medida em que daria plenas condições da mesma cumprir suas funções e contratar pessoal especializado para tanto. Para que esse controle seja feito, também há necessidade de investimentos na instalação de laboratórios de aferição de qualidade do combustível.

Outro ponto importante a se destacar é a qualidade dos empregos gerados pelo programa até agora, neste caso os referentes a todas as oleaginosas usadas. Se o objetivo do governo federal de fato é gerar empregos de qualidade, de modo a permitir a implantação de uma estratégia de desenvolvimento ambientalmente sustentável, economicamente sustentada e socialmente inclusiva, é necessária a revisão de alguns procedimentos adotados até agora no programa. Devem ser estudadas formas alternativas de modo que os agricultores tenham uma participação mais intensa e eficiente no processo tecnológico, não se limitando apenas à produção das matérias-primas. Uma sugestão, nesse sentido, é o fomento de cooperativas que atuem em todos os itens da cadeia de produção do biodiesel.

Com relação ao uso do biodiesel, destaca-se ainda o fato de que, pelo menos aparentemente, não houve uma preocupação do governo para fazer com que a produção do combustível se dê nas proximidades dos centros de consumo. Nesse sentido, a obrigatoriedade dos mesmos percentuais de mistura em todas as regiões do país pode ser considerada uma falha. Isso porque algumas regiões têm condições de produção muito grandes e terá de ser gasto tanto diesel como biodiesel para levar essa produção para os centros consumidores. Uma alternativa, nesse caso, seria as normas preverem um consumo superior do biocombustível em regiões com maior potencial de produção.

Considerando o programa do biodiesel como um programa de inclusão social, — uma vez que, ao lançá-lo, o governo federal apresentou-o como um dos pilares de sua ação de inserção social —, observou-se que a atuação do aparelho estatal, no que tange a geração de empregos, limitou-se a uma restrita ampliação do excedente gerado pelos grandes produtores de grãos. Os subsídios à agricultura familiar, da forma como estão dispostos, permitem ao grande produtor que amplie sua margem apenas por comprar matéria-prima de propriedades que possuam o selo social. Os contratos de compra e venda entre os agricultores e as empresas serão negociados e os preços fixados pelos compradores, gerando uma dependência dos primeiros em relação aos últimos.

Além disso, a aparente contradição entre a agricultura familiar e o agrobusiness não existe, pois o processo de obtenção de um biodiesel que atenda às especificações requeridas não é simples, pois há necessidade de laboratório de controle de qualidade, entre outros aparatos. Deste modo, os dois modelos atuarão de modo a se complementarem, pois o modelo familiar será apenas um fornecedor de matéria-prima, enquanto que os grandes produtores ficarão responsáveis pela fabricação do biodiesel propriamente dito. Assim, o grande produtor, devido à isenção de impostos, poderá operar com uma margem muito superior a que teria, caso comprasse a matéria-prima de fabricantes que não utilizassem mão-de-obra dos agricultores em regime familiar.

**É PRECISO  
GARANTIR A  
EXPANSÃO  
SEGURA DAS  
CULTURAS  
USADAS NA  
PRODUÇÃO DO  
BIODIESEL**

O que se sugere é que dentro do âmbito do programa se reavalie o papel da agricultura familiar. O programa deveria, como já assinalado, garantir uma porcentagem da produção em regime familiar e incentivar a formação de cooperativas próximas a assentamentos e pequenas propriedades rurais para a produção do biocombustível e formação de um desenvolvimento rural que privilegie a emancipação dessas famílias. Tal perspectiva, entretanto, parece longínqua, pois esse modelo necessitaria de uma profunda transformação do programa e da atuação do Estado no que tange às políticas de reforma agrária. O Brasil sempre foi conhecido como um país com grande potencial agrícola, mas, devido ao processo caótico de urbanização, pelo qual passou ao longo do século XX, ocorreram grandes migrações para as cidades. Boa parte delas deveu-se ao crescimento da agricultura de grande escala. Na maioria dos casos, trata-se de um modelo agrícola que utiliza pouca mão-de-obra e é grande concentrador de renda.

A partir do fim do regime militar, importantes movimentos sociais iniciaram sua pauta de reivindicação, antes represada pela violência do modelo autoritário, em prol de melhor distribuição das terras do país, iniciando, assim, um processo mais intenso de reforma agrária (15). O Movimento dos Trabalhadores Sem-Terra (MST), apesar de críticas de setores da sociedade ligados às oligarquias rurais, vem catalisando o processo de reforma agrária no país, rompendo, ou ao menos tentando equilibrar, o poder de barganha dos grandes proprietários de terra frente aos governos (16).

Há muito a se fazer no que se refere à questão agrária no país, pois, se por um lado o processo de assentamento de famílias foi intensificado, a expansão das monoculturas tem alcançado grande crescimento devido, principalmente, à cultura da soja. Desse modo, desenvolver alternativas econômicas que garantam às pequenas propriedades e aos novos assentamentos da reforma agrária a geração de renda e a fixação na terra é extremamente importante.

Dentre os principais entraves para esses objetivos, Sachs (17) aponta a descrença política das elites brasileiras, e inclusive de uma parcela da esquerda brasileira, na viabilidade econômica da agricultura familiar e na capacidade inovadora das sociedades rurais.

O biodiesel poderia lograr um papel importante no alcance desse contexto de melhoria do quadro social brasileiro, além de colaborar para a reorientação da trajetória de desenvolvimento econômico do país, devendo ser encarado como um projeto de definição estrutural da agenda política brasileira para a geração de empregos decentes no campo e para distribuição de renda. O programa de biodiesel prevê uma forte participação da agricultura familiar, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país, com a utilização de óleo de dendê e de mamona, respectivamente. Nas outras regiões, a soja é apontada como uma das principais matérias-primas. Entretanto, outras oleaginosas poderão fazer parte do mercado do biodiesel.

O Brasil possui grande expertise na produção de energia através da biomassa. Segundo Peres et al. (18), o país possui 90 milhões de hectares que podem ser incorporados de maneira sustentável ao processo produtivo. Somente na Amazônia, milhões de hectares de áreas desmatadas poderiam ser utilizados para plantação de dendê. Além disso, em áreas das regiões Centro-Oeste e Sudeste outras culturas como o amendoim, a soja e o girassol podem ser viáveis.

Entretanto, cabe ressaltar que nesse desenvolvimento rural, para que se possa alcançar condições ambientalmente sustentáveis e socialmente inclusivas, é necessária a implantação de um processo estratégico de modo que as pequenas propriedades possam ser um dos principais atores do

processo. Para tanto, é importante que as políticas públicas sejam formuladas de modo a garantir os interesses dos pequenos proprietários de terra. Segundo Sachs (19), o desafio está em aliar o desenvolvimento rural e a garantia de uma agricultura sustentável que garanta a eficiência na utilização dos recursos naturais e a geração de emprego através da formação de cooperativas.

Além disso, cabe citar que o desenvolvimento de uma nova classe de empreendedores no meio rural é importante para que cadeias produtivas dinâmicas surjam no campo, gerando demanda por serviços rurais. Entretanto, vencer esse desafio não é simples. Há inúmeras barreiras a serem superadas, tais como a falta de aparato institucional e dificuldades culturais dos próprios agricultores.

O biodiesel, em particular quando produzido a partir de oleaginosas cuja produção é viável em pequena agricultura, oferece uma oportunidade única de geração de emprego associada à sustentabilidade ambiental. Não colabora com esse quadro, no entanto, o fato de que a agricultura rural nunca ter sido alvo de pesquisas e desenvolvimento de tecnologias desenvolvidas especialmente para atender esse tipo de agricultura. A grande agricultura, por outro lado, tem recebido muitos investimentos há mais de 30 anos, como é o caso em particular da soja.

## 2. A GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

No Brasil, o consumo crescente e o impacto ambiental e social causados pelas fontes de energias tradicionais levaram o governo e a sociedade a pensarem em novas alternativas para geração de energia elétrica. Diante desse cenário, as fontes alternativas de energia como eólica, solar e biomassa, são consideradas de forma positiva. Além de causarem impactos substancialmente menores, ainda evitam a emissão de toneladas de gás carbônico na atmosfera. O debate contínuo, sobre os impactos causados pela dependência de combustíveis fósseis, contribuiu decisivamente para o interesse mundial por soluções sustentáveis por meio de geração de energia oriunda de fontes limpas e renováveis, e ambientalmente corretas.

Para incentivar a utilização de fontes alternativas de energia, foi criado em 26 de abril de 2002, pela Lei nº 10.438, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), o qual posteriormente foi revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, que assegurou a participação de um maior número de estados no programa, o incentivo à indústria nacional e a exclusão dos consumidores de baixa renda do rateio da compra da nova energia. O objetivo principal do programa é financiar, com suporte do Banco Nacional de Desenvolvimento Social (BNDES), projetos de geração de energias a partir dos ventos (energia eólica), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e bagaço de cana, casca de arroz, cavaco de madeira e biogás de aterro sanitário (biomassa).

A linha de crédito prevê financiamento de até 70% do investimento, excluindo apenas bens e serviços importados e aquisição de terrenos. Os investidores terão que garantir 30% do projeto com capital próprio. As condições do financiamento são: Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) + 2% de spread básico e até 1,5% de spread de risco ao ano, carência de seis meses após a entrada em operação comercial, amortização por dez anos e não-pagamento de juros durante a construção do empreendimento.

A Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.) é a responsável pela contratação dos projetos e após a chamada pública recebe projetos de vários empreendedores interessados. No contrato de compra de energia de longo pra-

zo (PPAs), a mesma Eletrobrás assegura ao empreendedor uma receita mínima de 70% da energia centralizada, durante o período de financiamento, e proteção integral quanto aos riscos de exposição do mercado de curto prazo. Os contratos têm duração de 20 anos e envolvem projetos selecionados que entrariam em operação até dezembro de 2006.

Além de ser visto como um importante instrumento para a diversificação da matriz energética do país, o Proinfa quer garantir maior confiabilidade e segurança ao abastecimento, principalmente após a crise do setor e o racionamento de 2001. Uma das exigências da legislação é a obrigatoriedade de um índice de nacionalização de 60% do custo total de construção dos projetos. O programa permite, também, maior inserção do pequeno produtor de energia elétrica diversificando o número de agentes do setor.

Os critérios de regionalização estabeleceram um limite de contratação por estado de 20% da potência total destinada às fontes eólica e biomassa, e 15% para as PCHs. Caso não seja contratada a totalidade dos 1.100 MW destinados a cada tecnologia, o potencial não contratado seria distribuído entre os estados. A contratação inicial é para geração de 3.300 MW de energia, sendo 1.100 MW de cada fonte, com previsão de investimentos na ordem de R\$ 8,6 bilhões. Apesar de alternativa, a energia solar não está contemplada no programa; isto porque a energia solar é aplicada a sistemas de pequeno porte, em comunidades isoladas, e o Proinfa, é destinado a tecnologias mais amadurecidas, com possibilidade de manter unidades de maior porte, o que não é o caso da energia solar. Além disso, o programa é destinado às fontes que podem ser integradas do Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN), o qual é considerado o principal sistema de produção e transmissão de energia elétrica do país. É formado por empresas da região Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), indicam que apenas 3,4% da capacidade de produção de eletricidade do Brasil está fora do SIN, em pequenos sistemas isolados.

A despeito da grande aceitação e benefícios que o programa prevê, a assessoria de imprensa do Ministério de Minas e Energia tem informado que não há projeções futuras para o Proinfa. O número de empresas que se apresentaram para participar do programa foi maior que o esperado pelo governo. Foram apresentados projetos envolvendo geração de 6.600 MW, o dobro de energia solicitada pela Eletrobrás. Aqueles que tinham licença ambiental antiga tiveram prioridade e os empreendimentos deveriam entrar em funcionamento a partir de dezembro de 2006.

A produção de 3,3 mil MW a partir de fontes alternativas renováveis dobraria a participação na matriz de energia elétrica brasileira das fontes eólicas, biomassa e PCH, que atualmente respondem por 3,1% ao total produzido e que no final de 2006, poderiam chegar a 6%.

Entretanto, dados de fevereiro de 2008 do Departamento de Desenvolvimento Energético do MME indicavam que 1.001,18 MW estavam em operação comercial, representando apenas 30,3% do total previsto inicialmente pelo programa.

### 2.1. ENERGIA EÓLICA

A energia dos ventos pode ser explicada, em termos físicos, como aquela de origem cinética formada nas massas de ar em movimento. Seu aproveitamento é feito por meio de conversão da energia cinética de translação, em energia cinética de rotação. Para a produção de energia eólica, são utilizadas turbinas também conhecidas como aerogeradores, e para a realização de tra-

balhos mecânicos (como bombeamento de água ou a moagem do trigo), cata-ventos de diversos tipos.

As primeiras experiências para geração de eletricidade por meio dos ventos surgiram no século XIX. Em 1976, menos de um século após o início dos estudos, foi instalada na Dinamarca, a primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública. Atualmente, existem mais de 30.000 MW de capacidade instalada no mundo. A maioria dos projetos está localizada na Alemanha, Dinamarca, Espanha e nos Estados Unidos. No Brasil, os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para medição do potencial eólico, foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha (PE), no início dos anos 1990 (20).

Dados do Atlas Potencial Eólico Brasileiro, apontam que o potencial eólico brasileiro indicativo é de 143.000 MW (272,2 TWh/ano), sendo que 7.694,05 MW foram autorizados. Atualmente, as 15 usinas em operação têm capacidade instalada para gerar apenas 236,8 MW. As áreas com maior potencial elétrico encontram-se nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste.

Sob o ponto de vista ambiental, algumas restrições à implantação de usinas eólicas no Brasil devem ser assinaladas. Estima-se que a metade do potencial eólico da região Nordeste (75.000 MW, ou 144,3 TWh/ano) esteja localizado em Áreas de Preservação Permanente (APPs) em função da existência de dunas. A instalação das turbinas eólicas em torres impõe a necessidade da adoção de cuidados para evitar problemas decorrentes da fragilidade desses terrenos. Outra restrição deve-se ao impacto visual decorrente da presença dessas turbinas em áreas consagradas ao turismo. Ainda, deve-se considerar a necessidade de estudos prévios com respeito às rotas de migração das aves, de forma a evitar que as turbinas eólicas sejam obstáculos aos movimentos migratórios das mesmas.

### 2.2. BIOMASSA

Matéria orgânica de origem animal ou vegetal que pode ser utilizada na produção de energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar, pois resulta da conversão de energia solar em energia química por meio da fotossíntese, base dos processos biológicos dos seres vivos.

Uma das principais vantagens da biomassa é o seu aproveitamento direto por meio da combustão da matéria orgânica em fornos ou caldeiras. Atualmente, a biomassa vem sendo bastante utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração (produção simultânea de calor e eletricidade) e no suprimento de eletricidade de comunidades isoladas de rede elétrica.

Segundo dados preliminares do Balanço Energético Nacional (BEN, 2007), a participação da biomassa na matriz energética brasileira (oferta interna de eletricidade e combustíveis) é de 30,9%, a partir da utilização de lenha e carvão vegetal (12,0%), produtos da cana-de-açúcar (15,7%) e outros (3,2%). O potencial autorizado para empreendimento de geração de energia elétrica de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), é de 1.376,5 MW, quando se consideram apenas centrais geradoras que utilizam bagaço de cana-de-açúcar (1.198,2 MW), resíduos de madeira (41,2 MW), biogás ou gás de aterro (20 MW) e lixo, também conhecida como licor negro (117,1 MW). Durante o ano de 2006 três novas centrais geradoras a biomassa (bagaço de cana), entraram em operação comercial no país inserindo 59,44 MW à matriz de energia elétrica nacional.

O setor sucroalcooleiro detém a maior capacidade de geração de energia elétrica (2.764 MW), que representa 70% da geração com biomassa, a partir do aproveitamento do bagaço de cana e da palha em centrais térmicas.

O bagaço de cana-de-açúcar é a biomassa de maior representatividade na matriz energética brasileira, sendo responsável pelo suprimento de energia térmica, mecânica e elétrica das unidades de produção de açúcar e álcool, através da produção simultânea de calor e eletricidade por sistemas de co-geração.

De acordo com dados da União da Agroindústria Canavieira (21), da potência instalada para geração a partir de bagaço de cana, 700 MW estão sendo vendidos para as concessionárias de energia. A previsão do setor é de que na safra 2009/2010 sejam produzidos 560 milhões de toneladas de cana, um crescimento de cerca de 45%, e que a potência instalada no setor aumentaria em 4.000 MW.

Entretanto, ainda existe espaço para o aprimoramento tecnológico de muitas usinas. Um assunto que há bastante tempo é apontado como de grande importância para o setor, principalmente por cientistas e acadêmicos (22;23;24), e que vem agora ganhando força, especialmente em razão do interesse das usinas pelo mercado de energia, e também devido a questões ambientais, é o uso da palha da cana.

Segundo Macedo e Nogueira (25), foram feitas estimativas quanto ao aumento dos excedentes de eletricidade para diversos níveis de tecnologias, convencionais ou em desenvolvimento. Os resultados mostram que a operação com sistemas convencionais de alta pressão, utilizando 40% da palha recuperada, se implantada em 80% dos sistemas, com a produção atual de cana, poderia gerar cerca de 30 TWh de excedentes. A tecnologia mais promissora, que conduziria a um aumento considerável da produção de energia elétrica, é a gaseificação de biomassa integrada à turbina a gás (BIG/GT). Ainda não existem processos comerciais. A gaseificação de biomassa no setor sucroalcooleiro tem sido intensivamente estudada (22;24).

O setor arrozeiro brasileiro está concentrado na região Sul do país, onde em 2006 foram produzidos 7,5 milhões de toneladas, 57% da produção nacional, de 13,2 milhões de toneladas (IBGE, 2005).

A casca de arroz representa 20% (em peso) da quantidade total de arroz colhida. O Brasil possui um potencial de geração de energia de 337 MW, concentrados principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Mato Grosso (26). Ainda segundo o Banco de Informações sobre Geração, da Aneel, existem no Brasil duas unidades gerando energia a partir de cascas de arroz, com potência instalada de 6,4 MW, e mais quatro unidades estão aguardando autorização para instalarem mais 25 MW.

Nas usinas termelétricas, a lixívia – resíduo resultante do processo de cozimento da madeira para produção de celulose, denominado processo sulfato ou kraft – é utilizada como combustível no processo de co-geração, com capacidade instalada total de 783 MW, associada às demais fontes de geração própria existentes no segmento de papel e celulose, que produzem 47% da eletricidade consumida.

A geração de eletricidade empregando resíduos de madeira é mais acentuada nas indústrias de celulose e nas integradas (fabricantes de papel e celulose), pois nesses grupos ocorre o processamento da madeira, que é a matéria-prima para produção de celulose. A madeira aproveitada para a geração de energia deriva das cascas e aparas das árvores processadas. Nessas unidades a produção

de energia atende de 50% a 80% da demanda interna, já as unidades que fabricam apenas papel geram apenas 10% da energia consumida no processo, comprando o restante das concessionárias (27). Algumas unidades produtoras vendem o excedente para a rede, como é o caso da Celulose Nipo-Brasileira S.A. (Cenibra), que desde 2001 deixou de comprar energia da concessionária e passou a vender cerca de 200 MWh/dia (28).

### 2.3. PCHS – PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

São usinas com potência instalada superior a 1 MW e igual ou inferior a 30 MW, que atendem aos requisitos das resoluções especificadas na Aneel. Como são empreendimentos que, em geral, procuram atender demandas próximas aos centros de carga, em áreas periféricas ao sistema de transmissão, as PCHs têm papel cada vez mais relevante na promoção do desenvolvimento da geração distribuída no país. Segundo dados da Aneel (dezembro de 2006), um total de 63 PCHs estavam sendo construídas, com uma potência de 1.061,49 MW.

A maioria dos pequenos aproveitamentos hidrelétricos em operação localiza-se nas regiões Sul e Sudeste, nas bacias do Paraná e do Atlântico Sudeste,

próximos dos grandes centros consumidores de energia elétrica. A região Centro-Oeste, onde se encontra a maioria dos demais aproveitamentos, concentra o maior potencial nos novos projetos.

O Brasil possui um potencial inventariado de 9.800 MW em pequenos aproveitamentos hidrelétricos, sendo que cerca de 1.600 MW estavam em operação em dezembro de 2006.

Sob o ponto de vista socioambiental, a construção de pequenas centrais hidrelétricas também deve ser concebida com os mesmos cuidados que deveriam ser observados nos grandes aproveitamentos hidrelétricos. Ortiz (29) assinala que “é evidente que uma PCH pode causar menor impacto

do que uma grande central hidrelétrica, contudo, dentro das especificidades socioambientais de uma região, pode infligir impactos muito graves e irreversíveis para um bioma determinado e para as populações que nele e dele vivem”.

Na história recente da geração hidrelétrica, exemplos de PCHs com grandes impactos não são poucos. A PCH Fumaça (10MW), construída no município de Diogo Vasconcelos (MG), deslocou compulsoriamente 200 famílias com o início de sua operação, em abril de 2003. Pessoas que dependiam das margens do rio para sua sobrevivência e que mantinham uma relação complexa com a natureza: meeiros, paneleiros (artesãos que utilizavam a pedra sabão), faiscadores, diaristas e agricultores que até hoje enfrentam problemas de indenização. Por sua vez, o projeto da PCH Aiuruoca (16 MW), na bacia do Rio Grande (MG), prevê a formação de um reservatório de 16 ha, que estará suprimido um importante e único trecho de Mata Atlântica responsável pela conectividade das matas do Parque Estadual da Serra do Papagaio e as matas do Parque Nacional do Itatiaia. Essa usina, cuja operação será a fio d'água, irá comprometer as condições sanitárias do núcleo urbano de Aiuruoca, localizado a jusante do barramento (trecho de vazão reduzida), já que o esgoto (doméstico e hospitalar) da cidade é lançado diretamente no rio (30).

**3. À GUIA DE CONCLUSÃO** A ampliação da participação das energias renováveis na oferta energética mundial é desejável, mas não pode ser en-

**A  
SAFRA DE CANA  
DE 2009/2010  
DEVERÁ TER UM  
CRESCIMENTO DE  
CERCA DE 45%**

tendida como uma alternativa para a completa substituição das fontes energéticas tradicionais.

Particularmente, na geração de energia elétrica, seu caráter de intermitência, não sendo disponível o tempo todo, determina a natureza de complementaridade das fontes renováveis às fontes tradicionais.

No que se refere às possibilidades de substituição dos combustíveis fósseis pelos biocombustíveis, é absolutamente impossível que o etanol ou o biodiesel substituam os derivados de petróleo, dada a escala de terras agrícolas que essa substituição determinaria.

Em realidade, o principal desafio que a atual crise energética e ambiental nos impõe é o da necessária redefinição do padrão de produção e de consumo que caracteriza o mundo atual. Os países industrializados manifestam uma hipocrisia sem igual quando propõem ao mundo seu modelo de desenvolvimento, quando sabem que a extensão desses privilégios ao mundo inteiro é impossível, já que ele supõe justamente a manutenção de parte da humanidade na iniquidade.

Uma preocupação deve ser assinalada: que a oferta de energia renovável, em particular a bioenergia, se resume a uma estratégia do capital se valendo da nova onda ambiental. Quando se oferece sob o selo da sustentabilidade carros e caminhos que possam utilizar etanol ou biodiesel, não mudamos nada no modelo de desenvolvimento. Este continuará baseado sobre o modelo de transporte individual e o uso intensivo de recursos naturais. Se poupamos combustíveis fósseis, continuamos gastando energia para produzir aço e veículos. Encontramos mais uma “solução” para evitar enfrentar a questão de fundo: de um lado, a reorientação para o transporte coletivo e as ferrovias, hidrovias e navegação de cabotagem; e do outro, a imperiosa necessidade de reduzir os circuitos de produção e comercialização, extremamente energívoros e destruidores das economias locais e regionais (31).

Vale ressaltar que, mais do que o biodiesel, o carro-chefe das energias renováveis é o etanol. A produção da cana-de-açúcar passa longe da democratização da terra e da sustentabilidade. Vastas extensões de terra contíguas estão sendo subtraídas aos ecossistemas naturais; a queima da cana e o uso de agrotóxicos continuam. Mais famílias estão sendo compelidas a sair da roça.

A produção do biodiesel escapa hoje, em boa parte, do programa governamental e começa a trilhar o mesmo caminho insustentável da cana. A soja não tem uma grande eficiência energética. Seu óleo é um sub-produto e o farelo, o principal produto, utilizado para alimentação animal, o que elevou o Brasil ao posto de segundo maior produtor e exportador mundial. Mesmo assim, os produtores de soja em particular, se posicionam fortemente também como produtores potenciais de biodiesel. Se a eficiência energética do óleo de soja é baixa, a eficiência dos lobbies do agronegócio poderá suprir essa carência.

Preocupa a intenção manifestada pelo governo de orientar parte da produção de álcool etanol e de biodiesel para a exportação. A União Européia acaba de publicar seu novo plano energético, que impõe colocar na sua gasolina e no seu diesel 10% de biocombustível até 2020. Observadores estimam que a Europa não terá condição de produzir biomassa em quantidade suficiente para atender às exigências colocadas pelas novas normas, sem colocar em risco o seu abastecimento alimentar.

O Brasil está se inserindo na nova distribuição internacional do trabalho como o país que vai resolver a questão do clima e da pobreza, exportando parte do seu álcool e do seu biodiesel e vendendo sua tecnologia. O avanço da

pecuária e da soja sobre o cerrado e a floresta amazônica em particular, nos fazem imaginar o impacto que tal dinâmica teria, tanto sobre os ecossistemas quanto sobre a sua população de pequenos produtores e agroextrativistas sobreviventes.

Importa, por isso, apoiar as políticas públicas voltadas para as energias alternativas, para que não se subordinem à lógica do mercado e mantenham seu caráter público, num duplo sentido: o de criar mecanismos de redução das desigualdades, que não sejam meras medidas compensatórias, e o de ter uma visão de futuro, para além dos interesses imediatos. As energias renováveis e sustentáveis oferecem condições de responder a esses dois parâmetros da ação pública. Elas supõem uma visão descentralizada da geração e da distribuição de energia. Elas abrem a possibilidade de inovação. Vemos aqui uma rica possibilidade de desenvolvimento de tecnologia apropriada própria; a geração de empregos em número bem maior do que o fornecido no sistema atual; um efeito de sinergia a ser criado localmente entre a geração e a distribuição e empreendimentos agroindustriais e industriais locais.

Evidentemente que, por si só, esse tipo de iniciativas não resolve a situação. Mas elas têm que ser vistas como parte de um novo movimento e abordagem da crise energética. Frente à catástrofe ambiental anunciada, a humanidade está buscando se reconciliar consigo mesma e com o planeta Terra.

*Célio Bermann é professor livre-docente do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP, coordenador da linha de pesquisa “Energia, sociedade e meio ambiente” do Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da USP. E-mail: cbermann@iee.usp.br*

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E NOTAS

1. IEA-International Energy Agency. *World Energy Statistics*, 2007.
2. IEA-International Energy Agency. *World Energy Outlook*, 2004.
3. Coelho, S. T.; Goldemberg, J.; Lucon, O.; Guardabassi, P. “Brazilian sugarcane ethanol: lessons learned”. Artigo apresentado no STAP Workshop on Liquid Biofuels, Delhi, 29/agosto-02 setembro de 2005.
4. Franco, A. R. “Aspectos epidemiológicos da queima de canaviais na região de Ribeirão Preto”. Palestra proferida no Centro de Estudos Brasileiros (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP). Ribeirão Preto, 1992.
5. Neves, E.M. et al. *Minimização de custo de transportes de álcool*. Instituto de Economia Agrícola, 2004.
6. Macedo, I. C. (org): *A energia da cana-de-açúcar - doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade*. 2ª edição. São Paulo: Ed. UNICA, 2007.
7. Machado, C. M. M. ; Abreu, F. R. “Produção de álcool combustível a partir de carboidratos”. *Revista de Política Agrícola*, v. 15, p. 64-82, 2007.
8. Oliveira, L.B.; Costa, A.O. *Biodiesel: uma experiência de desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro : IVIG/Coppe/UFRJ, 2001.
9. Knothe, G.; Dunn, R. O.; Bagby, M.O. *Biodiesel: the use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuel*. National Center for Agricultural Utilization Research, USA, Peoria (IL), 2003.
10. Frondel M.; Peters J. “Biodiesel: A new Oildorado?”. *Energy Policy*, vol. 35, pp. 1675-1684, 2006.
11. Wassel, C.S.; Dittmer, T.P. “Are subsidies for biodiesel economically efficient?” *Energy Policy* 34, pp. 3993-4001, 2006.
12. EMBRAPA. Recuperação de áreas degradadas. Disponível em: <http://www.embrapa.br>. Acesso em 21/11/2006.

13. Schlesinger, S. "Mais soja para o biodiesel - O biodiesel da soja: queimando óleo e florestas, chamuscando gente". In: Ortiz, L. (coord.). *Agronegócio + Agroenergia: impactos cumulativos e tendências territoriais da expansão das monoculturas para a produção de bioenergia*. FBOMS/GTEnergia, Agosto de 2006. Disponível em: <http://www.fboms.org.br>.
14. Escada, I. S. B.; et al. "Processos de ocupação nas novas fronteiras da Amazônia: O interflúvio do Xingu/Iriri". São Paulo: *Revista de Estudos Avançados*, 19 (54), 2005.
15. De 1964 a 1984 o governo militar distribuiu terras a 77 mil famílias. De 1985 a 1994, mais de 140 mil famílias foram beneficiadas pela reforma agrária. De 1995 a 2001, o governo da época assentou 584 mil famílias em 19,7 milhões de hectares. O atual governo tem como meta o assentamento de 400 mil famílias no período do primeiro mandato.
16. Apesar de todas as críticas que o MST vem sofrendo ao longo dos anos, este movimento social tem conseguido manter a questão da reforma agrária presente nos últimos governos.
17. Sachs, I. "Brasil rural: da redescoberta à invenção". *Revista de Estudos Avançados*, 15 (43), 2001.
18. Peres, J.R.R. ; Freitas Jr., E.; Gazzoni, D.L. "Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio brasileiro". *Revista de Política Agrícola*, Ano 14, nº 1. Brasília, pp. 31-41, jan./mar. 2005.
19. Sachs, I. Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde. *Revista de Estudos Avançados* 19 (55), 2005.
20. MME/EPE. *Balanco Energético Nacional: 2005*. Rio de Janeiro, 2006.
21. UNICA. União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.portalunica.com.br>. Acesso em 15/07/2006.
22. Coelho, S.T. "Avaliação da cogeração de eletricidade a partir de bagaço-de-cana em sistemas de gaseificador/turbina a gás". Dissertação de mestrado. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - PIPGE/ USP, 1992.
23. Coelho, S. T. "Mecanismos para implantação da cogeração de eletricidade a partir de biomassa: um modelo para o estado de São Paulo". Tese de doutorado. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da USP. São Paulo, 1999.
24. Walter, A.C.S. "Viabilidade e perspectivas da co-geração e geração termelétrica no setor sucroalcooleiro". Tese de doutorado. Área Interdisciplinar de Planejamento de Sistemas Energéticos/Faculdade de Engenharia Mecânica/Unicamp. Campinas, 1994.
25. Macedo, I. C. e Nogueira H. A. L. "Avaliação do biodiesel no Brasil". Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, p. 233. Brasília, 2005.
26. Coelho, S.T.; Goldemberg, J.; Cortez, L.A.B.; Macedo, I.C. ; Moreira, J.R.; Paletta, C.E.M.; Walter, A.C.; Braunbeck, O.; Hoffmann, R.; Pretz, R. "Geração de energia a partir da biomassa (exceto resíduos do lixo e óleos vegetais)". In: Tolmasquim, M.T. (Org.). *Fontes renováveis de energia no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, pp. 1-90, 2003.
27. Velázquez, S.M.S.G. "A cogeração de energia no segmento de papel e celulose: a contribuição à matriz energética do Brasil". São Paulo, 2000. 190p. Dissertação de mestrado - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2000.
28. Velázquez, S.M.S.G. "Perspectivas para a geração de excedentes de energia elétrica no segmento de papel e celulose com a utilização de sistemas de gaseificação/turbina a gás". Tese de doutorado. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2006
29. Ortiz, L.S. (coord.). *Energias renováveis sustentáveis: uso e gestão participativa no meio rural*. Porto Alegre: Núcleo Amigos da Terra/Brasil, p. 64, 2005.
30. Zhouri, A.L.M. Relatório final do projeto Pibic. "Participação popular em processos de licenciamento ambiental: o caso da PCH Aiu-ruoca", 2004.
31. Leroy, J.P. Prefácio do livro *As novas energias no Brasil: dilemas da inclusão social e programas de governo*. Rio de Janeiro: Ed. Fase, 2007.

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Bermann, C. (Org.) *As novas energias no Brasil: Dilemas da inclusão social e programas de governo*. Rio de Janeiro: Ed. FASE, 2007.
- MME/EPE. *Balanco Energético Nacional: 2006 (Resultados preliminares)*. Rio de Janeiro, 2007.
- Ruiz, B.J.; Rodríguez, V.; Bermann, C. "Analysis and perspectives of the government programs to promote the renewable electricity generation in Brazil". *Energy Policy*, 35, p. 2989-2994, 2007.