

# FONTES ENERGÉTICAS E PROTOCOLO DE KYOTO: a posição do Brasil<sup>1</sup>

Silene Maria de Freitas<sup>2</sup>  
Carlos Eduardo Fredo<sup>3</sup>

## 1 - INTRODUÇÃO

*"O ar ou a atmosfera que sentimos no vento é essencial para a vida na Terra. Nitrogênio (N<sub>2</sub>) e Oxigênio (O<sub>2</sub>) compõem cerca de 99,0% da atmosfera. Mas, o 1,0% restante (gases de efeito estufa<sup>4</sup>) possuem importantíssima função: equilibrar a temperatura da terra. Se houvesse somente N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> na atmosfera, a temperatura média do planeta seria inferior a zero grau centígrado e os oceanos seriam congelados"* (BROWN e ALECHANDRE, 2000)<sup>5</sup>.

Na década de 1990, verificou-se que a capacidade da Terra em absorver irradiações infravermelha aumentou. Essa alteração climática foi viabilizada pelas atividades antrópicas em prol do desenvolvimento econômico. Com o crescimento da densidade demográfica e os conseqüentes aumentos dos processos de urbanização e industrialização, o consumo de combustíveis fósseis aumentou (carvão, petróleo, gás natural), e com ele a liberação na atmosfera de inúmeros poluentes e de gases de efeito estufa (GHS). Em decorrência do aumento da concentração desses gases, a forma com que a energia solar interage com a atmosfera tem sido modificada, aumentando a temperatura terrestre. Esse efeito traz ameaças à preservação da vida humana e da biodiversidade.

Portanto, uma das principais medidas para mitigar a emissão dos gases de efeito estufa é reduzir a queima de combustíveis fósseis.

Atualmente, 89,5% da energia mundialmente produzida é de origem fóssil sendo que, segundo Campos (2005)<sup>6</sup>, 80,0% da mesma tem seu uso concentrado em dez países. Os 30 países mais ricos, que integram a Organização para Cooperação do Desenvolvimento Econômico (OECD), consomem basicamente energia não-renovável (38,4%) e são responsáveis por 52,1%<sup>7</sup> das emissões mundiais de dióxido de carbono, principal gás causador de efeito estufa. Por outro lado, em 171 países distribui-se a parcela restante da liberação desse gás (OECD, 2005)<sup>8</sup>.

A Convenção Quadro Sobre Mudanças de Clima, precursora do Protocolo de Kyoto, reconheceu que os países desenvolvidos são responsáveis pelo maior parte das emissões de gases de efeito estufa e, portanto, pela elevação da temperatura média da terra. Por esse motivo, o "Princípio de Responsabilidade Compartilhada e Diferenciada" pelo aquecimento terrestre, descrito no artigo XX do Protocolo de Kyoto, impõe maiores sacrifícios aos países industrializados<sup>9</sup>, obrigando-os tanto a reduzirem montantes específicos de gases de efeito estufa, em período de tempo determinado, quanto a transferir tecnologias limpas aos países em desenvolvimento.

Os mecanismos que visam reduzir os custos de implementação dos meios de mitigação

<sup>1</sup>Cadastrado no SIGA NRP1553 e registrado no CCTC IE-24/2005.

<sup>2</sup>Socióloga, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail silene@iea.sp.gov.br).

<sup>3</sup>Engenheiro de computação, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola (e-mail cfredo@iea.sp.gov.br).

<sup>4</sup>Os gases de efeito estufa, também chamados de gases traços, são vapor de água, metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbono (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) e Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), sendo esse último o principal deles.

<sup>5</sup>BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S. Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades. In: MOREIRA, A. G.; SCHWARTZMAN, S. (Coords.). **As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiro**. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000. p. 51-58.

<sup>6</sup>CAMPOS, I. **Biodiesel e biomassa**: duas fontes para o Brasil. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/agenda>>. Acesso em: 2 fev. 2005.

<sup>7</sup>Somente os Estados Unidos, grande produtor e consumidor de petróleo, respondem por 25% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub>.

<sup>8</sup>ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

<sup>9</sup>Os países integrantes do Anexo 1 da Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas têm a responsabilidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa ao nível de 5,2% abaixo do montante emitido em 1990. Essa meta deve ser cumprida entre 2008 e 2012.

dos gases de efeito estufa entre os signatários do Protocolo são descritos em Goldemberg (2003)<sup>10</sup>:

- 1) Bolhas: Esse mecanismo de flexibilização permite que países agrupem-se para cumprir suas metas. Os países integrantes da "bolha" estabelecem um limite de redução conjunto que pode ser diferenciado entre cada país. É o caso da União Européia.
- 2) Implementação Conjunta: Acordo bilateral (descrito no artigo VI do Protocolo) que permite que um país industrializado, cuja meta de redução é fixa, compense suas emissões financiando projetos de sumidouros ou de energia limpa em outro país industrializado.
- 3) Comércio de Emissões: Possibilita que os países que estiverem cumprindo suas metas ou que não atingiram o teto permitido para suas emissões domésticas possam comercializar essa "sobra", vendendo-a para os países que estiverem em dificuldade para alcançar suas metas, **independentemente** da realização de projetos conjuntos.

Em que pese a grande responsabilidade dos países integrantes do Anexo 1<sup>11</sup>, o Protocolo de Kyoto impulsiona **todos** os países a esforçarem-se conjuntamente na redução das emissões de GHS, pois, um mecanismo de mitigação, criado pelo Protocolo de Kyoto e proposto pelo Brasil, envolve, também, os países em desenvolvimento: o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O MDL, artigo XII do Protocolo, objetiva ajudar os países não incluídos no Anexo 1 da Convenção a lograr o desenvolvimento sustentável, assim como os países desenvolvidos a honrarem seus compromissos quantificados de limitações de emissões (SCHWARTZMAN e MOREIRA, 2000)<sup>12</sup>. Ou seja, esse mecanismo permite que os decréscimos de emissões decor-

rentes da realização de projetos de desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento possam ser usados pelos países desenvolvidos para que alcancem o compromisso de redução.

A participação conjunta de **todos** os países faz do Protocolo de Kyoto o acordo internacional mais importante e abrangente já efetuado em relação ao crescimento econômico global. Sua implementação requer modificações tanto nas matrizes energéticas da grande maioria dos países (os quais deverão incrementar o uso de energias renováveis e da biomassa em detrimento das de origem fóssil) quanto nos sistemas de uso da terra. A implementação do Protocolo alterará as condições de produção (agrícola e industrial) vigentes que passarão a ser vinculadas à equidade social e ao equilíbrio ecológico. Por essa razão, há uma corrente ideológica que acredita que Protocolo de Kyoto represente a quebra dos paradigmas atuais, a consolidação do desenvolvimento econômico sustentável e a emergência de uma nova *comodity*: o carbono.

Este artigo pretende discutir como o Brasil pode se tornar um dos principais protagonistas nesse novo cenário mundial.

## 2 - ASPECTOS DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A maior parte da energia gerada para movimentar veículos, indústrias e, até mesmo, para cozinhar advém de fontes não-renováveis (97,0%) que liberam no meio ambiente inúmeros elementos poluentes, inclusive os gases de efeito estufa. As fontes de energia renováveis deterioram menos o meio ambiente mas têm sido pouco exploradas. Em termos mundiais, somente 3,0% da produção de energia é de origem renovável (Tabela 1).

Dentre as fontes de energia primária não-renováveis, o petróleo destaca-se tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento, respondendo por 39,7% da produção mundial.

No Brasil, o petróleo equivale a 42,4% da produção de energia primária, no entanto, 46,6% da energia total produzida, no período 2000-2003, foram provenientes de fontes renováveis (Figura 1).

O diferencial no perfil da matriz energética brasileira, quando comparada à mundial, foi

<sup>10</sup>GOLDEMBERG, J. O caminho até Joanesburgo. In: TRIGUEIRO, A. (Coord.). **Meio ambiente no século 21**. Rio de Janeiro: Sextante, 2003. p.170-181.

<sup>11</sup>O Anexo 1 da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima inclui os países industrializados que eram membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em 1992, a União Européia, e os países industrializados da ex-União Soviética e do Leste Europeu.

<sup>12</sup>SCHWARTZMAN, S.; MOREIRA, A. G. Protocolo de Kyoto e o mecanismo de desenvolvimento limpo. In: MOREIRA, A. G.; SCHWARTZMAN, S. (Coords.). **As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiro**. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000. p. 23-33.

TABELA 1 - Produção Mundial de Energia, Principais Fontes, 2002 (em percentual)

Item	OCDE <sup>1</sup>	Não OCDE <sup>2</sup>	Total
Carvão	10,8	15,4	26,2
Petróleo	11,2	28,5	39,7
Gás	10,0	13,6	23,6
Nuclear	6,5	1,1	7,6
Não renovável	38,4	58,6	97,0
Hydro	1,2	1,3	2,4
Geotherm solar, etc.	0,4	0,2	0,5
Renovável	1,5	1,5	3,0
Total	39,9	60,1	100,0

<sup>1</sup>Inclui 30 países.

<sup>2</sup>Refere-se a 171 países.

Fonte: ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

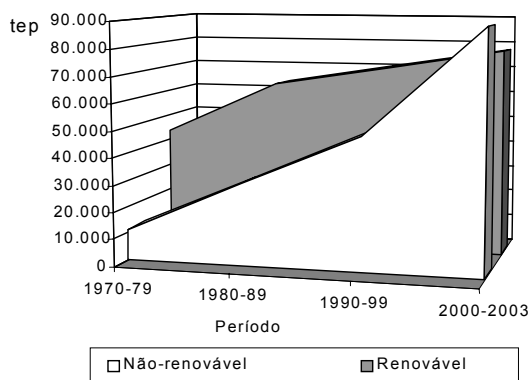


Figura 1 - Produção Brasileira de Energia Primária, por Origem, 1970-2003.

Fonte: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2004. Disponível em: <<http://www.mme.org.br>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

proporcionado pela grande disponibilidade de recursos hídricos, de terras para uso agrícola e pela criação do PROÁLCOOL.

Até a década de 1970, a lenha, extraída de florestas nativas para uso natural ou conversão em carvão vegetal, era a principal fonte de energia renovável brasileira. Segundo o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT)<sup>13</sup> partir da crise energética mundial outras fontes renováveis de energia (hidráulicas e cana-de-açúcar) e Projetos de Reflorestamento (visando a produção de carvão vegetal para as siderúrgicas) foram incen-

<sup>13</sup>MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Inventário brasileiro das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases efeito estufa não controlados pelo protocolo de Montreal**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/mudancasclimaticas/comunic>>.

tivados. No período 1970-2003, a lenha apresentou uma queda de 1,08% a.a. (Tabela 2).

TABELA 2 - Taxas de Crescimento de Fontes Renováveis de Energia Primária, Brasil, 1970-2003

Fontes de energia renovável	Taxa de crescimento (%)
Energia hidráulica	2,9
Lenha	-1,08
Produtos da cana-de-açúcar	2,34
Outras renováveis	7,01
Total	1,53

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados primários de BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2004. Disponível em: <<http://www.mme.org.br>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

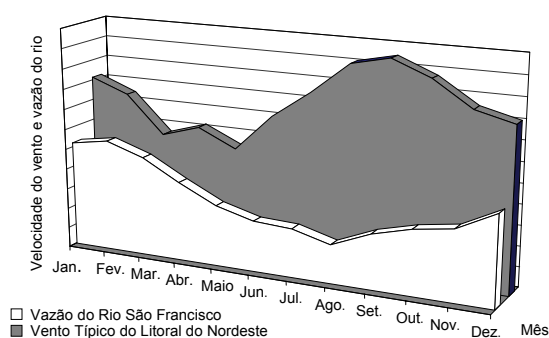
O Governo federal, aproveitando a riqueza fluvial brasileira, iniciou em 1975 as instalações da usina hidrelétrica Itaipu, no rio Paraná, que efetivamente entrou em funcionamento em 1983. Atualmente, a usina fornece 96,0% da energia elétrica do Estado de São Paulo, principal centro industrial do Brasil. A produção de 2004 também seria suficiente para atender cerca de três vezes o consumo anual de energia elétrica do Estado do Rio de Janeiro ou 4,9 vezes o do Paraná<sup>14</sup>. Entre 2000 e 2003, a energia hidráulica tornou-se a mais importante geradora de energia elétrica do País, atendendo 24,0% das necessidades energéticas do Brasil. Entre 1970 e 2003, a produção brasileira de energia gerada por hidroelétricas cresceu 2,9% ao ano.

A produção brasileira de energia gerada por outras fontes renováveis, ou seja, as provenientes do sol, do vento e da biomassa (excluindo lenha e bagaço de cana) tiveram crescimento de 7,0% a.a., entre 1970 e 2003.

O Governo federal tem incentivado a geração de energia elétrica através da energia eólica e da co-geração de energia usando biomassa (lixívia e bagaço de cana), com garantia da compra.

Quanto à energia eólica, uma das vantagens em se produzir energia elétrica a partir dos ventos é a complementaridade entre os regimes sazonais eólicos e hídricos. Sobretudo no Nordeste brasileiro, quando a época de seca coincide com a maior intensidade dos ventos (Figura 2), a energia eólica deve ser estimulada para que a água possa ser poupada exclusivamente para

<sup>14</sup>Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br>>.



**Figura 2** - Sazonalidade das Águas e Ventos no Nordeste Brasileiro.

Fonte: FEITOSA, E. A. **Energia Eólica no Brasil**: os próximos 20 anos. In: CONFERÊNCIA SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO E USO DE ENERGIA NO BRASIL. Campinas: Unicamp, fev. 2002.

irrigação de lavouras. Via de regra, as instalações hidrelétricas, devido ao alagamento de áreas, reduzem o espaço agropecuário e alteram o meio ambiente e a biodiversidade regional. Em contraposição, as centrais eólicas oferecem a vantagem de coexistirem com agricultura e pecuária, caracterizando uma complementaridade territorial. No Brasil, os Estados do Ceará e Minas Gerais já apresentam centrais eólicas de geração de energia<sup>15</sup>.

Já, no que concerne à biomassa, em meados da década de 1970, o Governo federal criou o maior programa de uso de energia renovável em larga escala: o PROÁLCOOL. Após sua implantação, a produção brasileira de energia oriunda de derivados da cana-de-açúcar cresceu 2,3% a.a. (Figura 3).

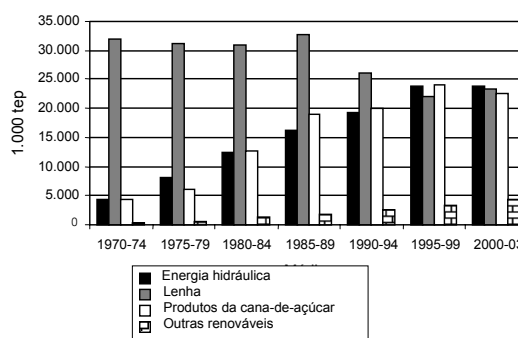
Dentre os resíduos da cana-de-açúcar, o bagaço tem sido crescentemente utilizado para gerar eletricidade nas usinas e energia térmica para processar os subprodutos do caldo - açúcar e álcool.

O etanol tem sido utilizado, sobretudo, para fins carburantes.

Considerando-se todas as fontes de energia, ou seja, incluindo-se as de origem renovável o setor industrial responde por 39,0% do consumo energético nacional (BALANÇO, 2004)<sup>16</sup> e o de transporte por 29,0%. No entanto, a emissão de poluentes por parte do setor de transporte é mais preocupante que a da indústria. Pois, para

<sup>15</sup>Disponível em: <<http://www.energiaeolica.com.br>>.

<sup>16</sup>BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2004. Disponível em: <<http://www.mme.org.br>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

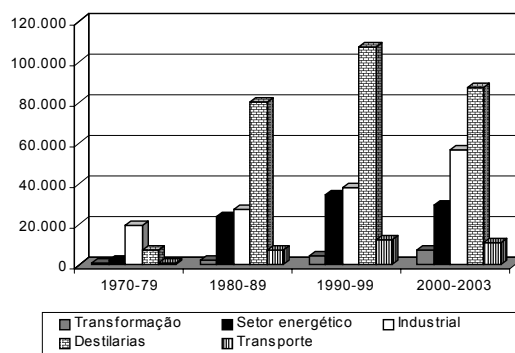


**Figura 3** - Produção Brasileira de Energia Renovável, Média dos Períodos 1970-74 a 2000-2003.

Fonte: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2004. Disponível em: <<http://www.mme.org.br>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

substituir os combustíveis fósseis, as indústrias dispõem de maiores alternativas energéticas (calor, água, vento, biomassa, etc.) do que o setor de transporte. Embora os estudos de células de hidrogênio estejam bastante avançadas tanto no Brasil como no mundo, efetivamente, o setor de transporte consome basicamente gás e combustível líquido. O gás, apesar de menos poluente que a gasolina e o diesel, também tem origem fóssil e, os combustíveis líquidos que podem ser utilizados em substituição àqueles são convertidos somente a partir da biomassa.

Note-se que o consumo energético de biomassa pelo setor industrial tem sido crescente (Figura 4). Dentre as indústrias, destaca-se a utilização da lixívia para a produção de celulose e a de bagaço de cana na produção de açúcar e álcool, bem como de bebidas.



**Figura 4** - Consumo Energético de Bagaço de Cana e Lixívia, por Setores Economicamente Produtivos, Brasil, Períodos 1970-79 a 200-2003.

Fonte: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2004. Disponível em: <<http://www.mme.org.br>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

As destilarias absorvem o melaço e o caldo de cana para a produção de álcool, que é consumido pelo setor de transporte. No entanto, esse setor produtivo ainda consome cerca de 54% da energia obtida dos derivados de petróleo: gasolina e diesel. Segundo Ribeiro (2001)<sup>17</sup>, o segmento rodoviário é responsável por 90,0% das emissões de dióxido de carbono. Levantamento da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA)<sup>18</sup> indica que dentre as vendas internas de autoveículos nacionais, no último triênio (2000-2003), cerca de 87,0% movimentaram-se à gasolina e 9,0% a diesel. Apenas 4,0%<sup>19</sup> dos autoveículos vendidos no Brasil consomem álcool.

A mitigação da emissão dos gases de efeito estufa por parte do setor de transporte deverá ocorrer com o crescimento do mercado de veículos *flex*, com o aumento da credibilidade popular no álcool combustível e com o início do Programa Brasileiro de Produção e Uso do Biodiesel<sup>20</sup>, que representa a inserção do etanol em veículos pesados.

O uso do etanol combustível, seja na forma de álcool hidratado, seja nos 25,0% de anidro adicionados à gasolina evita a emissão de 7 milhões de toneladas de carbono equivalente nos autoveículos com motores de ciclo otto. Já, o biodiesel (éster de ácidos graxos) reduzirá a emissão de poluentes decorrentes da combustão do diesel.

Assim, apesar do avanço tecnológico do PROÁLCOOL, sobretudo no que concerne aos sistemas de co-geração de energia a bagaço, é, ainda, o etanol que assumirá maior importância na substituição dos combustíveis fósseis e, portanto, na redução de emissões de gases de efeito estufa.

### 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A entrada em vigor do Protocolo de Kyoto, no início de 2005, provocou incremento na

<sup>17</sup>RIBEIRO, S. K. **Transporte sustentável**: alternativas para ônibus urbano. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001. 200 p.

<sup>18</sup>ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES - ANFAVEA. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

<sup>19</sup>Em 1985 e 1986, cerca de 76% dos veículos produzidos no Brasil eram a álcool.

<sup>20</sup>Biodiesel é um "combustível verde" que utiliza o etanol como matéria-prima, reagindo-o quimicamente com ácidos graxos, mediante a presença de um catalizador. Ele pode substituir, parcial ou totalmente, o óleo diesel.

utilização das fontes de energia renovável, pois os países desenvolvidos tentam alcançar 12,0% de energia limpa até 2010, como parte de seus compromissos, associa-se a isso, as estimativas da Agência Internacional de Energia, para 2020, que elevam a representação dos biocombustíveis no mercado mundial de combustíveis para 30%. Esse percentual refere-se tanto à substituição de fontes fósseis no segmento de transporte como na produção de energia elétrica.

Tais perspectivas ampliam as portas do comércio exterior para o Brasil, que poderá consolidar-se como principal fornecedor mundial de biocombustíveis e de tecnologias associada à sua produção, considerando-se o *know how* brasileiro na produção de etanol e biodiesel<sup>21</sup>.

Mas, vale lembrar que o Brasil é listado dentre os 20 maiores poluidores mundiais e, pela falta de obrigatoriedade de compromisso de redução das emissões de gases de efeito estufa, tem sido motivo de controvérsias dentre alguns signatários do Protocolo de Kyoto, que acreditam que a taxa de emissão do Brasil (assim como da China e da Índia) estão propensas a evoluir em ritmo maior do que a dos países desenvolvidos e que por isso o Brasil já deveria ter uma taxa de redução estipulada.

A visão desses signatários ganha peso quando se observa que, desde 2001, a participação dos combustíveis fósseis na matriz energética brasileira tornou-se superior à dos renováveis. A inversão da matriz energética nacional pode aumentar as discussões e antecipar a obrigatoriedade de um prévio estabelecimento de percentual de redução de gases de efeito estufa para o Brasil.

Assim, mesmo que o Brasil se torne o principal agente no mercado internacional de biocombustíveis, é necessário e urgente reverter o declínio da participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira, buscando:

- um maior enquadramento do Programa Nacional do Biodiesel nos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo e
- elevar a competitividade do setor sucro-alcooleiro no Nordeste brasileiro, por meio do incen-

<sup>21</sup>Apesar de o biodiesel figurar na mídia como uma alternativa recente, o Programa Nacional do Óleo Vegetal surgiu junto com o PROÁLCOOL visando reduzir a dependência externa do Brasil. Desde o início da década de 1980, o Brasil já dispunha de tecnologias apropriadas e de resultados de testes experimentais em frotas pequenas e regionalizadas. Na década de 1990, surgiu o Programa Nacional de Biodiesel, que atrelou a importância econômica do combustível verde aos benefícios do meio ambiente e à inclusão social.

tivo à adoção de tecnologias (valendo-se da melhor localização desse pólo produtor de cana-de-açúcar em relação aos portos);

- aumentar os investimentos em pesquisas de acomodação e transporte da palha da cana-de-açúcar, para geração de energia;
- uma reavaliação do Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que, embora voltado aos pequenos pro-

dutores, exige que o investidor garanta 30% do projeto com capital próprio e tecnologias de maior porte (pequenas centrais hidrelétricas, eólicas e biomassa), inviabilizando a inclusão dos pequenos produtores de energia elétrica. A energia solar, aplicada a sistemas de pequeno porte, que poderia ser uma opção para as áreas que não dispõem de eletrificação, não é contemplada pelo PROINFA.