

Economia e preservação do meio ambiente no Brasil: a contribuição dos biocombustíveis

Juan Algorta Plá^A

Resumo

O artigo descreve os impactos da industrialização sobre a população e sobre o meio ambiente. Aborda-se a problemática da crescente utilização de energia como condição *sine-qua-non* para o processo de desenvolvimento industrial, assim como para a satisfação das necessidades básicas de todos os cidadãos. Os combustíveis fósseis (petróleo e carvão) constituíram a principal fonte de energia ao longo dos séculos XIX e XX. Analisa-se a estratégia do Brasil para contornar a crise do petróleo no início da década de 1970 e, novamente, ao final dessa década. Discute-se o impacto ambiental da utilização de combustíveis fósseis, a elevação da concentração do CO₂ atmosférico e sua consequência, o aquecimento global. Analisa-se a possível contribuição dos biocombustíveis para enfrentar o efeito estufa e discute-se algumas outras estratégias para o Brasil participar desse esforço universal.

Palavras-chave: Industrialização. Demografia. Impacto ambiental. Utilização da energia. Efeito estufa. Aquecimento global. Biocombustíveis.

INTRODUÇÃO

As transformações vivenciadas pelo mundo no século XX levantaram expectativas de uma vida melhor para grandes massas de cidadãos. No Brasil não foi diferente e, a partir da Revolução Nacional de 1930, iniciou-se a caminhada da industrialização acelerada e do desenvolvimento econômico.

Ao longo do processo de industrialização, grandes grupos de população rural transferiram-se para as cidades, na proximidade das novas fábricas, onde esperavam encontrar oportunidades de trabalho assalariado. O objetivo era escapar das incerte-

Abstract

This article describes the impacts of industrialization on the population and environment. The problem of growing energy use is addressed as a sine qua non condition for the industrial development process, as well as satisfying the basic needs of all citizens. Fossil fuels (oil and charcoal) formed the principal energy source during the 19th and 20th centuries. Brazil's strategy to circumvent the oil crisis at the beginning of the 1970s and again at the end of this decade is analyzed. The environmental impact of using fossil fuels, increased concentration of atmospheric CO₂ and the consequence, global warming, are discussed. The possible contribution of biofuels to challenge the greenhouse effect is analyzed and other strategies for Brazil to take part in this universal effort are considered.

Keywords: *Industrialization. Demography. Environmental impact. Energy use. Greenhouse effect. Global warming. Biofuels.*

zas da pequena agricultura, ao mesmo tempo em que se aproximavam dos centros de serviços, onde a interação social seria mais intensa e os serviços estariam mais facilmente ao alcance dos cidadãos. Por essa época as taxas de natalidade eram muito altas, mas as taxas de mortalidade também o eram, resultando de sua interação a estabilidade numérica da população.

O trabalho feminino assalariado nas cidades era necessário do ponto de vista das economias domésticas, que deviam pagar aluguel, além de ficar submetidas ao bombardeio da propaganda comercial consumista. Do ponto de vista do setor comercial, essa nova mentalidade era muito importante porque, além de aumentar a oferta de mão de

^APhD pela Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); mestre pela Universidade de Wisconsin, EUA; graduado em engenheiro agrônomo pela Universidade da República (UR), Uruguai; professor adjunto da UFRGS.

obra, permitindo manter baixos os salários, ampliava a capacidade de compra das famílias.

A urbanização da população exigiu que os alimentos e as matérias-primas industriais fossem transportados desde as regiões de produção até as novas cidades industriais, enquanto as manufaturas deveriam percorrer o caminho inverso, das fábricas até os diversos centros de consumo. O consumidor urbano devia comprar todos os seus alimentos, por oposição ao morador de regiões rurais, que produzia, ele mesmo, grande parte dos bens consumidos. Como resultado da industrialização e da urbanização, o setor de transporte adquiriu uma importância estratégica de primeira magnitude.

O crescimento populacional foi reforçado ocasionalmente, pela imigração de trabalhadores estrangeiros. A indústria teve, assim, o benefício da oferta abundante de mão de obra, o que contribuiu para manter os salários em níveis moderados, possibilitando a manutenção dos custos em níveis baixos, como fundamento da competitividade industrial. Os lucros do capital permaneceram elevados, estimulando o investimento. Houve, no entanto, certo aumento da capacidade de compra dos consumidores, que ficou evidenciado pela progressiva elevação do PIB por habitante.

A rápida expansão do consumo interno gerou as condições para a expansão industrial, estimulando os novos investimentos. O setor bancário também jogou papel importante na expansão do consumo, através do financiamento dos consumidores, oferecendo diversos planos de crédito de consumo, assim contribuindo para reforçar os mecanismos que geravam a demanda.

A manutenção dos custos de produção em níveis baixos, associada com a abundância da mão de obra e com os salários baixos, era necessária para permitir a formação de expectativas favoráveis por parte dos empresários, assim estimulando-os para o investimento. A disponibilidade de energia a preços baixos era outra das condições para viabilizar o processo de industrialização. O Brasil, no entanto, não dispunha, por essa época, de uma produção

própria de petróleo na quantidade necessária para atender as necessidades da indústria de transformação e do setor de transportes, devendo importar os combustíveis derivados do petróleo.

Em síntese, a sociedade tinha mudado substancialmente em função da industrialização. O resultado foi uma população urbana, muito numerosa (de massas), com hábitos de consumo modernos e abertos ao comércio interno e internacional. O setor transporte tinha adquirido uma importância estratégica

no contexto da sociedade industrializada. A implantação de novos empreendimentos industriais permitia manter um nível de investimento alto e, assim, manter o nível de emprego. Os setores ligados aos serviços burocráticos, de comércio, de financiamento e seguros, adquiriram progressiva importância.

A INDUSTRIALIZAÇÃO NO BRASIL

Como consequência da Grande Depressão de 1930, os preços das matérias-primas e dos alimentos que o Brasil exportava aviltaram-se no mercado externo, o que dificultou a manutenção das correntes de importação e do equilíbrio do balanço de pagamentos. As atenções se voltaram para a produção de combustíveis de origem agrícola no Brasil, o que determinou que se começasse a adicionar álcool na gasolina.

A partir da Grande Depressão, o governo teve uma participação importante como incentivador da industrialização através das empresas estatais ou dos programas de financiamento dos investimentos privados. A aceleração das atividades produtivas refletia-se na intensificação da produção industrial, do comércio e do setor de transporte.

O Brasil foi um dos primeiros países a se recuperar dos efeitos da Grande Depressão, em função das políticas fiscais e monetárias expansivas utilizadas. Destaca-se a estratégia da industrialização como forma de contornar a escassez de produtos manufaturados importados. Dentre essas políticas destaca-se a compra das enormes safras de café,

que o Estado adquiria com a finalidade de estabilizar o preço que os cafeicultores recebiam. Essas safras não encontravam mercado e, em parte, deveriam ser destruídas. As compras de álcool para misturar com a gasolina tiveram uma justificativa semelhante.

Na década de 1930, começou-se a aplicar uma estratégia de produzir internamente diversos artigos manufaturados que vinham sendo importados. Foi o processo de industrialização por substituição de importações, que deveria ser mantido por várias décadas, determinando a transformação da estrutura social, econômica e política do Brasil.

IMPACTOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO SOBRE O TAMANHO E A ESTRUTURA DA POPULAÇÃO

Ao dar início o processo de industrialização, a população começou a abandonar o meio rural e a transferir-se, em grandes quantidades, para as cidades. A causa dessa migração interna era, por um lado, a falta de oportunidades de emprego no meio rural, em função da mecanização das tarefas de produção, e, por outro, a atração das oportunidades de emprego no novo setor industrial.

A cidade oferecia, junto à segurança do regime de salário, acesso a melhores moradias, serviços de assistência à saúde, oportunidades de educação para a juventude e de interação social, assim como os benefícios da previdência social para os maiores. A melhora nos serviços sanitários, especialmente a infraestrutura de esgoto, a rede de água encanada e os programas de vacinação significaram um progresso considerável nas expectativas de vida. As taxas de mortalidade sofreram queda após queda ao longo de várias décadas.

Como a população manteve suas antigas taxas de natalidade elevadas, começou a haver uma expansão demográfica muito acelerada, que se manteve entre as décadas de 1930 e de 1970 (explosão demográfica). A partir da década de 1960 começou, no entanto, o recuo das taxas de natalidade, causado principalmente pelos novos hábitos da população urbanizada, que apresentava elevada incidência do trabalho feminino fora do lar. Os casais começavam a controlar a natalidade, já que a disciplina do trabalho assalariado colidia com a atenção exigida pelas novas gerações. Assim, começou a ser frequente encontrar famílias com um ou dois filhos.

Na década de 1990, estava-se completando a transição demográfica, em que a população tende para a estabilização depois de uma fase de rápida expansão (BRITO, 2007). Interessa ressaltar que este processo de transição demográfica está associado ao processo de industrialização. Trata-se de um processo muito vagaroso, em que as variáveis se ajustam ao longo de muitos anos. A partir da década de 1990, a população continuou sua expansão, porém a taxas menores, apontando para uma futura estabilização.

Durante a transição demográfica, a população não só expandiu como mudou a estrutura etária: a proporção de crianças caiu sensivelmente. A redução da mortalidade infantil, atribuível às causas acima referidas, permitia que expectativa de vida dos recém-nascidos aumentasse. A pirâmide populacional estreitou sua base, ao mesmo tempo em que alargava os estratos mais elevados. A urbanização significou uma diversificação e uma ampliação da demanda de bens de consumo de todos os tipos.

A oferta de bens de consumo foi permanentemente adaptada, em sua diversidade, para acompanhar a demanda agregada, assim evitando a inflação de preços, o que nem sempre foi conseguido. A demanda esteve determinada pelo número de cidadãos e pela capacidade de compra do cidadão médio. Cada vez que a demanda aumentava e a oferta buscava adequar-se, aumentava também a demanda de energia. Os setores de transporte e de processamento industrial constituíram os principais responsáveis pela demanda por combustíveis, bem à frente da demanda doméstica de energia.

A atividade industrial passou a gerar rejeitos e resíduos em proporção aproximada aos volumes produzidos. Alguns desses rejeitos começaram a interferir com a eficiência das atividades produtivas ou com o bem-estar das populações, oportunizando situações inconvenientes para a manutenção do nível de bem-estar social (degradação ambiental).

Tabela 1
População Brasil – 1940/1980

(em milhares de pessoas)	
Ano	População
1940	41236
1950	51944
1960	70070
1970	93139
1980	119003

Fonte: LACERDA et al. Economia Brasileira. Saraiva, 2005.

Alguns casos dramáticos dessa degradação ambiental são mencionados por Baer, 1995:

- a poluição da água na Baía de Guanabara;
- a poluição do ar em São Paulo;
- a tragédia do Vale do Cubatão;
- o caso da celulose e do papel em Porto Alegre;
- a poluição em Camaçari (petroquímica) e em Carajás (mineração).

Para os próximos anos espera-se que a população brasileira continue sua expansão, com estabilização prevista só a partir de 2040.

Tabela 2
População do Brasil (dados históricos e projeção) 1980/2050

(em milhares de pessoas)	
Ano	População
1980	118563
1990	146593
2000	171280
2008	189613
2020	207143
2030	216410
2040	219075
2050	215287

Fonte: IBGE.

A questão que se coloca é a de como fazer para garantir o nível de bem-estar dessa população tão numerosa sem sobrecarregar o meio ambiente, causando consequências irreparáveis de degradação ambiental.

Parece evidente que o país deve adotar políticas, pelo menos de opinião pública, de controle da natalidade, na tentativa de estabilizar, o quanto antes, o tamanho da população.

INDUSTRIALIZAÇÃO E MEIO AMBIENTE

As atividades de produção, com muita frequência, são causa de graves efeitos sobre o meio ambiente (efeitos antrópicos). Esses efeitos podem ser minimizados, porém eles não podem ser totalmente evitados. Em geral, os efeitos antrópicos se consideram associados ao número de cidadãos e ao poder de consumo de cada um deles (renda real por

habitante), e ao tipo de tecnologia que a sociedade está habituada a utilizar.

O impacto ambiental do desenvolvimento fica bem representado pelo modelo de Ehrlich, em que I (impacto) é igual ao produto PRT, em que P é a população, R é a renda da população e T é a tecnologia.

De um lado, as atividades de produção utilizam recursos naturais que, muitas vezes, não são renováveis. De outro lado, essas atividades geram rejeitos, às vezes sólidos, às vezes líquidos e outras vezes gasosos, que se acumulam por períodos variáveis até sua eventual degradação. Em alguns casos, os rejeitos podem ter um período de vida muito longo, até sua natural degradação e absorção pelo meio, o que causa a acumulação de quantidades enormes (ex.: pneus velhos).

A degradação ambiental causada por atividades de produção contribui para elevar progressivamente os custos, podendo chegar a inviabilizar o prosseguimento dessas atividades. No entanto, existe consenso em que, se praticadas dentro das normas técnicas e respeitando as disposições vigentes, as atividades de produção ocasionam efeitos ambientais que podem ser administrados.

A atitude mais razoável é a de buscar a minimização dos efeitos indesejados, o que pode ser alcançado através da utilização de tecnologias adequadas. A preservação dos recursos naturais acarreta custos adicionais, porém esses gastos são necessários para manter a produtividade dos recursos.

DISPONIBILIDADE DE ENERGIA COMO CONDIÇÃO PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO

A disponibilidade de energia, abundante e barata, é uma condição para manter os programas de desenvolvimento industrial. Os setores que mais demandam energia são os setores de manufatura e de transporte. Os usuários domiciliares também contribuíram para aumentar a demanda global de energia, principalmente para iluminação, acondicionamento térmico das moradias, conservação de alimentos e para transporte pessoal.

A agricultura moderna, por utilizar quantidades maciças de fertilizantes e de água para irrigação, é outro setor muito demandante de energia. Já a

agricultura familiar, realizada com base no emprego intensivo de mão de obra, é menos produtiva em termos de rendimento agrícola, mas é muito mais eficiente do ponto de vista energético.

A crise dos combustíveis no início dos anos 1970, com a elevação dos preços do petróleo e seus derivados, teve um impacto desestabilizador sobre os programas de desenvolvimento industrial. A necessidade de continuar importando os combustíveis encarecidos causou dificuldades para o equilíbrio do balanço de pagamentos. A vida nas cidades tinha ficado cada vez mais dependente do consumo de energia, com o que se apresentava a necessidade de importar cada vez maiores volumes de petróleo.

A elevação dos preços dos combustíveis desestabilizou os programas de desenvolvimento, causando desemprego, inflação e déficit no balanço de pagamentos. A correlação entre desenvolvimento econômico e uso de energia é positiva, ainda que não seja rígida, já que existe variabilidade na eficiência com que a energia é utilizada.

Observamos na tabela a seguir que se espera uma reestruturação da demanda setorial de energia no Brasil até o ano 2030: a indústria perderia alguns pontos percentuais, enquanto o setor de serviços ganharia algumas posições.

Tabela 3
Estrutura setorial da utilização de energia no Brasil - 2005/2030

Setor	Ano			
	2005	2010	2020	2030
Agricultura	8,4	8,9	8,8	8,8
Indústria	40	40,2	38,5	36,7
Serviços	51,6	50,9	52,7	54,5

Fonte: Matriz Energética Nacional/PNE-2030.

FORMAÇÃO DOS PREÇOS DOS COMBUSTÍVEIS

O mecanismo dos preços permite que os volumes produzidos, de qualquer manufatura, sejam exatamente os volumes que os consumidores finais podem consumir. Uma demanda final insatisfeita pressiona os preços para cima, o que estimula a produção de volumes maiores, eventualmente conduzindo à igualação da oferta com a demanda e à estabilidade dos preços.

No entanto, os fatores especulativos, que obedecem às expectativas dos agentes econômicos, têm uma gravitação importante no caso dos derivados do petróleo, como também de outras matérias-primas, especialmente no curto prazo.

Assim, os produtores industriais ou agrícolas não necessitam consultar diretamente os consumidores, nem combinar entre si quanto devem produzir de cada produto. Essa coordenação se estabelece através do mecanismo dos preços, em forma automática, como ajustes progressivos, em um processo de tentativa e erro. A determinação do preço de equilíbrio leva algum tempo, durante o qual as condições podem variar, especialmente por flutuações na demanda, já que a oferta, por depender dos custos de produção, apresenta maior estabilidade.

No entanto, na prática existem fatores especulativos que mascaram o comportamento teórico da oferta e da demanda. Os intermediários aumentam seus estoques de produtos toda vez que esperam que o preço venha a subir no futuro. É a expectativa de obter uma taxa de benefício maior que a taxa de juros vigente, o que motiva as aquisições especulativas.

A disponibilidade de créditos de consumo facilita as aquisições, favorecendo a expansão da demanda efetiva. Por outra parte, a informação que os agentes possuem está longe de ser perfeita, sendo que eles devem, de qualquer forma, tomar decisões econômicas de produção ou de comercialização. Nesse contexto altamente volátil, das expectativas de lucro, acaba-se determinando o volume que finalmente será produzido.

Em relação aos combustíveis fósseis, observamos que os mercados estão longe de ser perfeitos, sendo que na formação do preço há predominância das barganhas entre oligopólios. Durante muitos anos, entre 1900 e 1973, os preços do petróleo foram mantidos artificialmente baixos pela pressão das companhias transnacionais, o que desestimulou o desenvolvimento de combustíveis alternativos.

Esse comportamento era possível porque a oferta era controlada por governos autoritários, que se curvavam às exigências dos compradores estrangeiros. Por outra parte, esses governos adotavam as decisões em forma isolada. A oferta, nessas condições, não tinha nenhuma relação com os custos de produção.

Em 1970, os produtores conseguiram se organizar em um cartel e passaram a barganhar com as companhias petrolíferas para obter melhores preços. No fim da Guerra dos Seis Dias, os produtores de petróleo, via Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), encontraram a oportunidade que procuravam de controlar a produção para elevar os preços do petróleo. A forte elevação dos preços determinou que os importadores de petróleo aplicassem algumas estratégias de bom senso, como buscar uma utilização mais eficiente dos combustíveis, ou incentivar a prospecção de novas fontes de abastecimento, assim como pesquisar novas formas de obter a energia necessária para estimular as atividades industriais.

Frente às elevações nos preços do petróleo, o Brasil decidiu desenvolver a produção de combustíveis de origem agrícola, para o que contava com longa experiência na produção de álcool, além de vantagens naturais importantes, que permitiram produzir combustíveis em forma cada vez mais competitiva, à medida que os preços do petróleo aumentavam.

Os mercados de petróleo e derivados apresentam elevada instabilidade de preços, o que resulta muito inconveniente para os usuários, que deveriam realizar permanentes ajustamentos nos seus programas e estratégias de desenvolvimento. Por serem insumos básicos de muitos processos, a flutuação dos preços dos combustíveis prejudica a vida econômica dos países. No Brasil, a Petrobras absorve essas flutuações de curto prazo e só repassa os aumentos de preços para os consumidores quando considera que houve uma mudança de patamar.

A lei 9.478/97 abriu o mercado de combustíveis à concorrência internacional, do que resultou a convergência dos preços internos e internacionais dos derivados do petróleo (BRASIL, 2008).

A CRISE DOS PREÇOS DO PETRÓLEO

Por volta de 1970, o mundo entrou numa nova fase de desenvolvimento: a energia, antes barata, passou a ser escassa e cara. O estopim dessa

mudança foi a restrição das atividades de extração do óleo cru que acompanhou a Guerra dos Seis dias e a organização do cartel da OPEP, evento que ficou conhecido como Primeiro Choque do Petróleo. Os países que se encontravam conduzindo processos de industrialização sofreram o abalo da elevação dos custos e deveriam adaptar suas economias para as novas condições de preços da energia.

Por volta de 1970, o mundo entrou numa nova fase de desenvolvimento: a energia, antes barata, passou a ser escassa e cara

A estratégia adotada pelo Brasil frente às dificuldades com o abastecimento de combustíveis teve diversos componentes: por um lado, buscou-se racionalizar o uso dos combustíveis derivados do petróleo, que nos anos 1970 ainda eram importados em uma proporção relevante. Dentre as medidas de racionalização do uso, figurou a proibição de venda de combustíveis nos finais de semana, com o que se pretendia desencorajar as longas viagens por motivos de passeio. Os fabricantes de carros deviam respeitar limites máximos para a capacidade dos tanques de combustível dos seus modelos, o que correspondia a uma orientação inspirada no racionamento ao consumo.

Outra orientação estratégica foi a de incentivar a busca de combustíveis alternativos, que pudessem reduzir a dependência do petróleo importado. Vários projetos de geração de eletricidade a partir da força dos rios, que tinham permanecido em estudo desde muitos anos, encontraram condições para sua execução nessa oportunidade.

Alguns desses projetos apresentaram dimensões monumentais, como a usina de Itaipu, que é uma das maiores do mundo. Essa estratégia levou o Brasil a ser um dos países com maior participação da energia hidrelétrica no total de energia utilizado.

Outros componentes da estratégia para contornar a crise incluíram intensificação da busca de petróleo e o desenvolvimento de novos combustíveis com base em produtos agrícolas. Essas iniciativas foram bem sucedidas e, no longo prazo, trouxeram benefícios importantes.

A partir do tradicional cultivo da cana-de-açúcar, foi desenvolvido o programa de produção de etanol (Proálcool), que buscava substituir a gasolina automotiva e que, com o tempo, chegou a ser o maior programa de biocombustíveis na escala mundial.

Também foi tentada a substituição de outros combustíveis, como o diesel, através de um programa específico (Proóleo), que tinha como objetivo aproveitar diversos óleos vegetais, alguns deles muito abundantes no Brasil. No entanto, não foi fácil encontrar substitutos adequados para o óleo diesel. Esta iniciativa encontrou dificuldades técnicas e econômicas que exigiriam ainda maiores pesquisas e investimentos.

Paralelamente, houve esforços dirigidos para o aproveitamento de resíduos orgânicos de diversas naturezas na produção de biogás através da fermentação anaeróbica. No entanto, a produção de biogás encontrou dificuldades oriundas tanto da falta de tecnologias adequadas como da inexistência de cadeias de produção e de comercialização específicas. A energia nuclear também mereceu atenção, conduzindo a um acordo do Brasil com a Alemanha para a construção da primeira usina de Angra dos Reis.

IMPACTOS AMBIENTAIS DO DESENVOLVIMENTO

Foi só na década de 1980 que começou a difundir-se, em nível mundial, a consciência dos problemas ambientais associados à industrialização. Não existe a possibilidade de produzir manufaturas sem causar impactos ambientais de diversos tipos (efeitos antrópicos), mas tais impactos podem ficar ocultos por longos anos, especialmente nos casos em que os níveis da atividade causadora permanecem baixos.

A acumulação de resíduos dos processos industriais, ou dos próprios produtos manufaturados no final de sua vida útil, pode causar inconvenientes para o prosseguimento das atividades de produção, especialmente se os rejeitos sucateados se acumulam até descaracterizar o meio ambiente. Alternativamente ao sucateamento, encontramos diversas tentativas de aproveitamento desses rejeitos como insumos de outras atividades produtivas.

Os resíduos industriais gasosos vinham sendo lançados na atmosfera, sem preocupações pelos

diversos efeitos prejudiciais que eles poderiam causar, até que eles adquiriram um nível tal que já não mais podiam passar despercebidos. O relatório de avaliação do IPCC de 2001 indicava que havia elevada probabilidade de que diversos distúrbios climáticos estivessem relacionados com o elevado nível de emissões de gases.

Foi só na década de 1980 que começou a difundir-se, em nível mundial, a consciência dos problemas ambientais associados à industrialização

CONTROLE DO EFEITO ESTUFA

Em condições normais, a energia que chega do Sol é parcialmente aproveitada na Terra, existindo um excedente que, normalmente, é irradiado de volta para o espaço. A energia solar é essencial para a manutenção da vida na Terra, já que permite a realização da fotossíntese, processo bioquímico de construção de tecidos vegetais a partir do CO₂ e da água, que acontece nas folhas das plantas. Nesse processo, a luz solar é captada pelo pigmento verde clorofila, permitindo a reação química entre o CO₂ e a água para a formação de diferentes moléculas orgânicas.

No entanto, a energia que chega à Terra não é aproveitada na sua totalidade, surgindo um excedente que deve ser irradiado de volta para o espaço. No caso em que a irradiação dos excedentes não se produza com a suficiente rapidez, acontece elevação da temperatura na superfície (efeito estufa). A proporção dos diversos gases na atmosfera determina a facilidade com que a irradiação acontece. Os gases que dificultam a irradiação dos excessos de energia, assim contribuindo para o aquecimento global, são: o CO₂, ou gás carbônico; o CH₄, ou gás metano; o N₂O, ou óxido nitroso; o SO₂, ou óxido de enxofre; e os CFC's, ou clorofluorcarbonetos; e os HCFC, ou hidroclorofluorcarbonetos, segundo o Plano Nacional de Combate às Mudanças Climáticas (PNMC), lançado em setembro de 2008 no Brasil.

A acumulação de CO₂ é considerada como a principal causa do aquecimento global, já que ele é o mais abundante desses gases, visto que se origina na respiração de todos os seres vivos

te em todos os processos de combustão que a humanidade conduz. As quantidades de CO₂ lançadas anualmente na atmosfera são enormes.

O CO₂ faz parte da atmosfera desde o início do mundo. A fotossíntese é um dos mecanismos naturais para a retirada do CO₂ da atmosfera. Outros processos naturais que também retiram CO₂ atmosférico são as atividades das algas microscópicas e a erosão química das rochas.

A partir da Revolução Industrial, tem havido um processo de elevação da concentração do CO₂ na atmosfera devido às atividades do homem. Em função dessa elevação, têm-se registrado elevações na temperatura média da Terra, conhecidas como aquecimento global. Nos últimos anos, esse processo tem-se intensificado em função da expansão do consumo humano: um maior número de pessoas consumindo, cada uma, em média, quantidades maiores de bens causam a expansão da demanda global.

No Brasil, a principal fonte de emissões de CO₂ são as queimadas florestais, responsáveis por 75% das emissões anuais de CO₂. O restante, 25%, é atribuível à geração de eletricidade em usinas térmicas, à produção de cimento e às atividades da indústria siderúrgica. O setor de transporte utiliza combustíveis fósseis e é responsável por parcela relevante das emissões de CO₂.

As queimadas florestais têm por objetivo abrir áreas para as atividades do agronegócio. A proibição de praticar novas queimadas vem sendo sistematicamente desrespeitada. A eliminação da floresta é duplamente prejudicial, já que libera grandes quantidades de CO₂ e, ao mesmo tempo, elimina a cobertura vegetal que poderia contribuir para depurar o ar do excesso de CO₂. Outra função importante da floresta era a de proteger o solo da erosão pela água da chuva e pelo vento, ao mesmo tempo em que melhorava a infiltração da água da chuva.

AQUECIMENTO GLOBAL

O aquecimento global produz diversos efeitos negativos, dentre os quais mencionamos a maior

incidência de períodos de seca, com temperaturas muito elevadas, causando a perda de colheitas, assim como a eclosão de incêndios florestais. No entanto, a mais conhecida manifestação do aquecimento global é o derretimento de geleiras nas proximidades dos polos terrestres, com a elevação do nível do mar ameaçando inundar as terras ribeirinhas.

Paradoxalmente, o aquecimento global intensifica as quedas da temperatura no inverno.

As flutuações muito bruscas da temperatura são causa de tormentas com ventos muito fortes, que provocam destruição e inundações.

A instabilidade climática inclui, nos verões, a incidência de períodos de seca. O ar mais quente é causa de uma evaporação muito rápida da água do solo, fazendo com que as culturas alimentares sofram queda do rendimento pela desidratação. A Embrapa tem estimado que as principais culturas comerciais no Brasil poderão sofrer sérios prejuízos com as secas, algumas delas chegando à inviabilização nas suas áreas tradicionais.

A manutenção de um difícil equilíbrio entre a atividade industrial e o controle do efeito estufa exige a utilização de combustíveis alternativos aos derivados do petróleo e do carvão. Papel central nesse esforço corresponderia, neste momento, aos biocombustíveis, lado a lado com as fontes conhecidas de "energia limpa" (hidroeletricidade e energia eólica).

O aquecimento global estaria conduzindo ao derretimento das geleiras, que ameaça elevar em até 14 m o nível dos oceanos. Outros efeitos negativos do derretimento das geleiras estão associados à liberação de grandes volumes de metano, que reforça o efeito estufa, assim como a capacidade de refletir a luz do sol que o gelo possui e da qual ficaríamos privados.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E BIOCOMBUSTÍVEIS

O processo de industrialização causa prejuízos ambientais de diversos tipos, que não podem ser completamente evitados, mas que devem ser

A manutenção de um difícil equilíbrio entre a atividade industrial e o controle do efeito estufa exige a utilização de combustíveis alternativos aos derivados do petróleo e do carvão

mantidos em níveis tão baixos quanto possíveis, com o objetivo de preservar as qualidades do meio ambiente. O Brasil possui vantagens para uma produção ambientalmente amigável. No entanto, essas vantagens nem sempre têm sido aproveitadas.

A produção de biocombustíveis, especialmente do etanol, foi a mola mestra da estratégia escolhida pelo Brasil, em função de suas vantagens naturais para a cultura da cana-de-açúcar. Os elevados rendimentos agrícolas dessa cultura estão na base da alta eficiência e dos custos unitários baixos.

As previsões do governo do Brasil antevêm uma reestruturação da matriz energética no sentido de uma maior produção de energia, baseada na expansão dos biocombustíveis e com menor utilização de combustíveis fósseis. Os produtores de açúcar, através da União da Indústria de Cana-de-açúcar (Unica), vem projetando um aumento da produção de cana-de-açúcar até 2020/21, em que a cana cortada poderá atingir um bilhão de toneladas, o que corresponde à previsão do MME para 2030.

Os acréscimos na produção de cana deverão destinar-se tanto ao açúcar como ao álcool, para o mercado interno ou para a exportação, o que dependerá da evolução dos preços relativos.

Tabela 4
Estimativas da Produção e da Área Plantada com Cana-de-Açúcar entre 2007 e 2020

	2006/07	2010/11	2015/16	2020/21
Produção de cana (em milhões de t)	430	601	829	1038
Área cultivada (milhões de ha)	6,3	8,5	11,4	13,9
Açúcar (milhões de t)	30,2	34,6	41,3	45
Consumo interno	9,9	10,5	11,4	12,1
Excedente para exportação	20,3	24,1	29,9	32,9
Álcool (em bilhões de litros)	17,9	29,7	46,9	65,3
Consumo interno	14,2	23,2	34,6	49,6
Excedente para exportação	3,7	6,5	12,3	15,7
Bioeletricidade (MW médio)	1400	3300	11500	14400
Participação na matriz elétrica (%)	3	6	15	15

Fonte: UNICA (2007, apud RODRIGUES; MENDONÇA DE BARROS; CARVALHO, 2008).

Os combustíveis de origem fóssil (petróleo, carvão e gás natural) deverão ser cada vez mais substituídos por outros combustíveis que produzam um efeito estufa menor, já que a utilização dos combustíveis fósseis constitui uma importante fonte do CO₂ acrescentado anualmente à atmosfera. O setor de transporte é responsável por parcela significativa do CO₂, junto a alguns setores industriais que fazem contribuições importantes.

Há diversas propostas de métodos para capturar o CO₂ da atmosfera ou retirando-o das chaminés das usinas, mas até o presente, eles permanecem apenas como ideias interessantes. Visto que o CO₂ é muito estável, ele permanece na atmosfera por longos períodos, acumulando-se de um ano para outro. A matriz energética nacional deveria ser cada vez mais limpa, acrescentando menos CO₂.

A utilização de combustíveis de origem agrícola deverá permitir que uma parte das necessidades de transporte seja atendida de forma mais responsável, sem causar acréscimos ao CO₂ atmosférico. Efetivamente, quando se realiza a produção das matérias-primas agrícolas que darão origem aos combustíveis, há uma fixação de importantes quantidades de CO₂ (fotossíntese), o que funciona como um depurador da atmosfera.

Na fase de utilização dos biocombustíveis (combustão), há uma restituição parcial do CO₂ que tinha sido fixado na fase agrícola. A restituição é apenas parcial, já que há algumas frações do CO₂ fixado que não são incluídas nos combustíveis: são as frações de carbono incorporadas nas raízes, caules e folhas. Esses órgãos dos vegetais são necessários para produzir as matérias-primas dos biocombustíveis, mas eles não são retirados do campo em que a cultura for plantada.

É importante ressaltar que a produção de biocombustíveis no Brasil não é concorrente com a produção de alimentos, já que os biocombustíveis podem ser obtidos sem ter que reduzir a produção de alimentos por falta de terra. Uma área relativamente reduzida seria suficiente para produzir os biocombustíveis necessários, sempre que os rendimentos por hectare sejam mantidos em nível alto.

O etanol de milho é bastante ineficiente, já que ele contém energia utilizável em volume apenas 30% acima dos insumos utilizados para sua

produção, considerando as fases agrícola e industrial. Já o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar contém oito vezes mais energia que os insumos utilizados. O etanol de celulose poderá fornecer até 36 vezes a energia contida nos insumos. A eficiência do processo de produção de biocombustíveis pode ser observada através do quociente entre a energia contida (EC) no combustível e a energia nos insumos (EI) ou através da redução dos gases do efeito estufa (GEE).

Tabela 5
Relação da energia contida no biocombustível (EC) para a energia nos insumos (EI) e redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE)

Tipo de combustível	Relação	Relação
	EC/EI	GEE
Etanol de milho (EUA)	1,3	0,79
Etanol de cana (Brasil)	8	0,44
Biodiesel de colza (Europa)	2,5	0,32
Etanol de celulose	2 a 36	0,09

Fonte: Bourne, Joel. Sueños Verdes. National Geographic Magazine (em espanhol) oct. 2007.

É assim que nos EUA vem-se trabalhando no desenvolvimento da produção de álcool a partir da cana-de-açúcar, nas áreas em que o clima o permite. Outra tendência na pesquisa nos EUA é a de desenvolver tecnologia para a hidrólise da celulose, o que em uma segunda fase permitiria produzir álcool por fermentação, com base em materiais celulósicos diversos.

BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

O etanol foi o primeiro biocombustível a entrar em produção comercial. Durante a Grande Depressão de 1930, começou-se a adicionar álcool na gasolina com o objetivo de reduzir as importações. Nos anos seguintes observava-se no Brasil um interesse latente pela possibilidade de utilizar diversos produtos agrícolas como combustíveis, mas os preços do petróleo e seus derivados permaneceram muito baixos e desestimularam diversas tentativas de substituição.

Foi só em 1973 e 1974, como consequência do embargo do petróleo pelo recém-criado cartel da OPEP, que o preço do petróleo teve um forte aumento (Primeiro Choque do Petróleo). O Brasil adotou

várias medidas tendentes a contornar a escassez de combustíveis, dentre as quais se destacam a decisão de promover a produção de etanol (Proalcool) para ser utilizado como combustível automotivo em forma pura, além de continuar com a mistura com a gasolina. O poder antidetonante do etanol possibilitava que ele substituísse o chumbo tetraetila na gasolina comercial, participando em proporção de até 25%.

A utilização do etanol como combustível foi inicialmente viabilizada pela concessão de subsídios para a produção. No final da década de 1970, havia uma proporção importante de carros movidos a álcool. Em 1979 e 1980 houve novas elevações nos preços do petróleo (Segundo Choque do Petróleo), as que conferiam maior competitividade à produção do etanol, consolidando o Proalcool. A indústria automobilística prestou seu apoio ao desenvolver motores adaptados, com materiais resistentes à corrosão, para utilizar o etanol em forma pura.

Em meados da década de 1980, a maioria dos carros novos vendidos no Brasil utilizava etanol puro (álcool hidratado), enquanto o etanol destinado à mistura com a gasolina (álcool anidro) era aproveitado em sua maioria pelos carros mais antigos. O álcool anidro é obtido a partir do álcool hidratado, submetido a um processo específico de eliminação total da água.

Os custos de produção do álcool foram reduzidos à medida que o setor de produção ganhava experiência com a tecnologia e as cadeias de abastecimento e de distribuição iam se organizando (economias de aprendizagem). O programa necessitou dos subsídios do governo apenas nos primeiros anos para ser economicamente viável. No entanto, já no final da década de 1980, a produção de etanol tinha suficiente eficiência, pelo aproveitamento das economias de aprendizagem, para poder prescindir dos subsídios.

Por esses anos (final da década de 1980) houve uma queda do preço do petróleo e de seus derivados, tirando parte do brilho da produção de álcool para combustível. Por sua vez, o açúcar aumentou de preço no mercado internacional, induzindo a uma maior produção de açúcar, o que desviava a cana da produção de álcool. A falta de álcool nos postos causou dificuldades aos cidadãos que haviam comprado carros a álcool, o que reorientou a demanda de carros novos em favor dos carros a gasolina.

O álcool tinha perdido competitividade pela queda do preço do petróleo e pela elevação do preço do açúcar. A venda de carros a álcool caiu para níveis muito baixos a partir de 2001. O Proalcool passou por períodos difíceis e parecia destinado ao fracasso. A reversão dessa tendência veio pela mudança tecnológica representada pelos carros bicombustível, cuja venda iniciou em 2003.

O motor *flex-fuel* representa uma mudança tecnológica que permite utilizar indistintamente etanol ou gasolina, afastando assim os temores de problemas no abastecimento. O usuário poderia escolher, no momento de abastecer, qual dos dois combustíveis preferia: a escolha seria pelo álcool sempre que o preço deste fosse 70% menor que o preço da gasolina. As vendas de carros *flex* foram um sucesso e já em 2005 eles representaram parcela relevante do total de vendas.

A competitividade do etanol brasileiro pode ser atribuída à eficiência da produção da matéria-prima. O elevado rendimento agrícola permite manter os custos baixos. O Brasil ajustou uma tecnologia adequada para a produção de cana em cada região, atingindo, em média, mais de 70 t por hectare, o que permite obter mais de 6.000 l de álcool. Por outra parte, os subprodutos surgidos durante a produção de álcool, apresentam alto interesse econômico, contribuindo para compensar os custos operativos.

Em particular, o bagaço da cana-de-açúcar é utilizado para queimar nas caldeiras da usina, o que permite que esta seja autossuficiente em energia para atender as necessidades do processamento da cana. No processo surge ainda um excedente de energia, que transformado em eletricidade pode ser vendido para as companhias distribuidoras (co-geração). Os resíduos da destilação podem ser utilizados, ainda, como adubo nas lavouras ou como alimento para animais em engorda.

Outro subproduto interessante é a folha da cana, que pode ser aproveitada sempre que não se utilize o sistema de queima do canavial antes do corte. A queima pode ser evitada com a colheita mecanizada. Ou seja, a mecanização

permitiria aproveitar a folha da cana: uma parte permaneceria no campo para garantir a cobertura do solo, enquanto outra parte poderia ser destinada à hidrólise com vistas à fermentação e à subsequente produção de álcool.

A competitividade do etanol brasileiro pode ser atribuída à eficiência da produção da matéria-prima. O elevado rendimento agrícola permite manter os custos baixos

O etanol brasileiro apresenta, assim, elevada competitividade e vem sendo exportado para os EUA, Europa, Japão, China e Índia. O comércio internacional de álcool deve enfrentar, no entanto, os protecionismos,

na forma de fortes taxas de importação, dos EUA (US\$ 0,14 por litro) ou da União Europeia (US\$ 0,24 por litro).

Outras matérias-primas para a produção de etanol, como o milho (utilizado nos EUA) ou a beterraba (utilizada na Europa), apresentam custos de produção bem mais elevados. Diferente é o caso do sorgo sacarífero, que ainda não está sendo utilizado como matéria-prima para o etanol, mas que desperta grande interesse para o futuro pelo seu elevado rendimento agrícola, assim como pela possibilidade de ser cultivado em áreas impróprias para a cana. Outras matérias-primas potenciais são a mandioca e a batata doce, que por sua natureza amilácea são potenciais produtoras de álcool.

O biodiesel é outro combustível obtido com base em matérias-primas de origem agrícola que teve seu desenvolvimento estimulado pelos choques do petróleo. O biodiesel é um substituto para o óleo diesel de petróleo, obtido com base em óleos vegetais ou do sebo de animais abatidos em frigoríficos. As substâncias gordurosas entram em combinação com álcoois como o etanol (transesterificação) e geram ésteres com características físicas e comportamento equivalentes aos do óleo diesel.

Os óleos vegetais aparecem, muitas vezes, como subprodutos de outros processos produtivos, como é o caso da produção do suplemento protéico, utilizado nas rações, a partir do grão de soja. A produção de biodiesel no Brasil apresentou inicialmente algumas dificuldades, especialmente em relação à organização das cadeias de produção e de distribuição. Espera-se que, como no caso do

etanol, o custo de produção venha a cair à medida que maior experiência seja acumulada, melhorando a competitividade.

Tabela 6
Área ocupada e produção de cana-de-açúcar no Brasil (projeções para 2030) – 2008/2030

Ano	Área	Produção
	(Mha)	(Mt)
2008	5,6	-----
2010	6,7	518
2020	10,6	849
2030	13,9	1140

Fonte: MME/EPE.

Ao comparar a extensão das terras da fronteira agrícola (90 Mha) com a área necessária para a produção de cana (13,9 Mha em 2030), observamos que a produção de culturas energéticas não reduziria significativamente a disponibilidade de terra para outras culturas.

Tabela 7
Projeções de produção de cana-de-açúcar no Brasil por grandes regiões

Região	Ano			
	2010	2015	2020	2030
Brasil	518369	714975	849166	1141208
N	554	1076	1279	1718
NE	72206	113782	135137	181613
SE	349145	451749	536536	721060
SO	34996	48348	57422	77171
CO	61468	100020	118793	159647

Fonte: MME/PNE-2030.

Tabela 8
Oferta interna de energia – 2005/2030

	Ano			
	2005	2010	2020	2030
Energia não renovável	121349	159009	216007	297786
Petróleo e derivados	84553	97025	119136	155907
Gás natural	20526	37335	56693	86531
Carvão mineral e derivados	13721	20014	30202	38404
Urânio e derivados	2549	4635	9976	16944
Energia renovável	97314	119999	182430	259347
Hidráulica e eletricidade	32379	37800	54551	75067
Lenha e carvão vegetal	28468	28151	28069	30693
Cana-de-açúcar e derivados	30147	39330	69475	103026
Outras fontes primárias	6320	14718	30335	50561
Total	218663	279008	398437	557133

Fonte: Brasil, MME, Matriz Energética/2030/PNE-2030.

PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Em relação ao aquecimento global, será necessário um grande esforço coordenado do Brasil com outros países emissores, e para isto é necessário terminar com as queimadas na Amazônia, que representam 75% das emissões.

As previsões do Ministério de Minas e Energia são de que a oferta interna de energia seja expandida e diversificada até o ano 2030, ou seja, que novas fontes de energia, menos poluentes, deverão acrescentar-se às já tradicionais (BRASIL, 2008).

As previsões da indústria automobilística concordam com as do MME, tendo as montadoras manifestado sua disposição e sua capacidade para atender a demanda por veículos que utilizem combustíveis alternativos.

As expectativas em relação com cada biocombustível são:

- Etanol: continuará sendo o principal biocombustível brasileiro, mas passará por uma evolução técnica importante, incluindo a mecanização da colheita da cana, que já está bastante consolidada em algumas regiões. A mecanização da colheita permitiria evitar as queimadas, que são ambientalmente muito criticáveis, permitindo um manejo racional das folhas da cana, aproveitando uma parte como adubo orgânico e o restante como matéria-prima para a produção de álcool através da hidrólise da celulose, cuja liberação para utilização comercial é esperada para os próximos anos. A hidrólise da celulose permitirá utilizar uma gama muito grande de resíduos

vegetais como substrato do processo de fermentação, assim aumentando as possibilidades de produção de etanol. Com a utilização das folhas da cana, espera-se que a produção de álcool por hectare venha praticamente a duplicar.

- Biodiesel: espera-se também uma forte expansão de sua produção, com base na utilização de diversas matérias-primas. Junto aos óleos já testados, de soja, palma e algodão, ou do sebo bovino, poderão surgir novas matérias-primas de interesse, como o óleo de pinhão manso.
- H-Bio: este combustível, obtido pela Petrobras pela adição de óleo vegetal hidrogenado ao petróleo cru, antes do refino, permite obter um combustível de qualidade comparável à do diesel. A Petrobras possui três plantas de refino em condições de produzir o H-Bio e pretende habilitar, nos próximos anos, outras refinarias para desenvolver esse processo.

BIOCOMBUSTÍVEIS X ALIMENTOS

O Brasil apresenta atualmente uma proporção relativamente menor de sua área territorial sob exploração agrícola. Grandes extensões permanecem ociosas, sem ser exploradas de forma econômica e sem constituir áreas de preservação ambiental ou de florestas naturais. Uma parte dessas terras pode ser dedicada à produção de biocombustíveis, sem afetar a produção de alimentos ou de matérias-primas.

A explicação da existência de terras férteis e não cultivadas é a precariedade das vias de comunicação em algumas regiões de produção. Apenas nos últimos anos, foram construídas muitas estradas asfaltadas, ferrovias e hidrovias que permitem transportar, com segurança, insumos e produtos agrícolas oriundos de áreas novas.

As áreas que seriam necessárias para produzir as matérias-primas dos biocombustíveis representam uma proporção pequena do total das terras disponíveis para a agricultura. Portanto, a produção de biocombustíveis, que no caso da cana ocuparia 13,9 milhões de hectares, deveria ser compatível com a expansão da produção de alimentos e outros produtos agrícolas, já que a fronteira agrícola é de 90 milhões de hectares.

Tabela 9
Ocupação dos solos – Brasil

Tipo de uso ou ocupação	Mio ha	%
Floresta Amazônica, Áreas Prot. ¹	405	47,6
Áreas urbanas, vias, rios	20	2,4
Área disponível para prod. agrop.	366	43
Pastagens	210	24,7
Culturas temp. e permanentes	61	7,2
Florestas cultivadas	5	0,6
Fronteira agrícola	90	10,6
Outros usos	60	7,1
Total	851	100

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

¹ Mata Atlântica, Pantanal Mato-Grossense, terras indígenas, áreas de proteção formalmente constituídas.

Reafirmando a política conservacionista do Estado, a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove) vem aplicando uma estratégia de moratória na comercialização da soja oriunda das áreas desflorestadas do bioma Amazônia.

ASPECTOS AGRONÔMICOS DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

As técnicas agrícolas de produção condicionam o rendimento das culturas e sua manutenção no longo prazo, determinando, assim, a possibilidade de manter os custos totais em níveis baixos. Nesse sentido, parece importante ressaltar, inicialmente, que cada cultura só encontra condições ótimas dentro de uma região específica, ou seja, que o zoneamento agrônomico deverá ser respeitado se o objetivo for o de atingir níveis elevados de eficiência e competitividade.

No entanto, o zoneamento não é rígido, já que o desenvolvimento de novos cultivares, ou de novas práticas culturais, pode possibilitar a expansão para regiões novas. A utilização de certos insumos, como fertilizantes ou agroquímicos, pode permitir a expansão das culturas para novas regiões.

Outro princípio básico da produção agrícola é que as monoculturas devem ser evitadas, já que elas elevam o risco da produção, principalmente pela incidência de pragas e doenças. No seu lugar devem ser praticadas rotações de culturas, ou seja, sequências plurianuais, planejadas com o intuito de atingir altos rendimentos por hectare, de forma sustentada.

Os sistemas de produção adotados devem levar em consideração as interações entre as atividades produtivas, agrícolas e industriais, com o objetivo de reduzir os custos totais de produção e aproveitar as eventuais complementaridades presentes. As instalações de beneficiamento devem manter níveis elevados de ocupação para operar eficientemente.

De acordo com as metas propostas no PNE 2030, a matriz energética deverá oferecer uma quantidade maior de energia, com uma maior diversificação: os biocombustíveis deverão apresentar uma ponderação maior que a atual no ano de 2030.

O consumo final de energia (em milhões de toneladas equivalentes de petróleo) passará de 106 Mtep em 2005, para 483 Mtep em 2030. A produção doméstica de petróleo deverá aumentar até 2.800 milhares de barris por dia em 2010, estabilizando nesse patamar até 2030 (EPE). No período 2000 a 2030, a produção deverá superar o consumo. Entre 2010 e 2030 deverão entrar em funcionamento sete novas refinarias da Petrobras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aquecimento global é um problema extremamente sério que vem se manifestando desde vários anos atrás. Já em 1990, foram detectadas manifestações do problema e propostas algumas soluções (FLAVIN, 1990), as quais, no entanto, não foram aplicadas.

Os programas de biocombustíveis no Brasil têm por objetivo a substituição parcial dos combustíveis fósseis, assim contribuindo para minimizar a produção de gases do efeito estufa. Esses programas devem, ao mesmo tempo, permitir o desenvolvimento econômico e favorecer a independência energética do país, contribuindo para a receita de divisas e para melhorar a renda dos agricultores, sem prejudicar a oferta de alimentos.

1. A concorrência com a produção de alimentos não constitui um problema, porque o Brasil possui vastas extensões de terras férteis,

ainda sem aproveitamento agrícola. A produção de alimentos e outras matérias-primas pode ser aumentada simultaneamente com a produção de biocombustíveis.

[...] os biocombustíveis poderão fazer uma grande contribuição para a manutenção de condições ambientais favoráveis, retirando um maior volume de CO₂ da atmosfera que aquele liberado no momento da combustão

2. A relação de preços entre o barril de petróleo e o álcool ou os óleos vegetais determina a vantagem de produzir biocombustíveis. Os biocombustíveis ficam mais vantajosos à medida que o petróleo aumenta seu preço relativo.

3. O balanço de CO₂ dos biocombustíveis é favorável ao controle do efeito estufa, sempre que a produção seja conduzida dentro de níveis elevados de eficiência. O CO₂ fixado pela fotossíntese na fase de produção agrícola permite aos vegetais construir seus diversos órgãos, sendo que apenas alguns desses tecidos participam da síntese dos biocombustíveis, enquanto as restantes partes do corpo dos vegetais ficam nas terras de agricultura para serem incorporadas ao solo. Assim, os biocombustíveis poderão fazer uma grande contribuição para a manutenção de condições ambientais favoráveis, retirando um maior volume de CO₂ da atmosfera que aquele liberado no momento da combustão.

4. Os biocombustíveis podem ser produzidos com eficiência ainda em escala reduzida, o que facilita a produção para uso local, aproveitando as matérias-primas disponíveis, poupando nos fretes do combustível. A produção dos biocombustíveis dá origem a uma renda agrícola adicional, fortalecendo a receita da pequena agricultura.

5. Os biocombustíveis deverão contribuir para o equilíbrio do balanço de pagamentos, já que podem ser exportados, ou, caso eles sejam aproveitados internamente, substituiriam os derivados do petróleo, reduzindo as importações.

6. Os biocombustíveis deverão contribuir para a diversificação da matriz energética brasileira, melhorando a estabilidade do abastecimento de energia.

7. A sustentabilidade da produção econômica dos biocombustíveis depende da manutenção da eficiência produtiva a longo prazo e da preservação da melhora da fertilidade do solo agrícola, exigindo técnicas agrônômicas eficientes e adaptadas às condições regionais.
8. A organização das cadeias de produção e de comercialização dos biocombustíveis deverá contemplar o aproveitamento dos subprodutos, com o objetivo de melhorar a vantagem econômica da produção.
9. A expansão da população deverá ser controlada e mantida a taxas baixas, incluindo a condução de programas de controle da natalidade, para evitar que a elevação da renda associada ao programa de biocombustíveis venha a estimular uma maior expansão da população, evitando assim um maior impacto ambiental. É necessário tentar a antecipação da estabilização demográfica no Brasil, prevista pelo IBGE para 2040.
10. O programa de controle do desmatamento por queimadas deve ser reforçado, assim como os programas de reflorestamento, já que as florestas jovens, em crescimento, são os mais eficientes agentes de fixação do CO₂ (fotossíntese).

REFERÊNCIAS

- BOURNE, Joel. Sueños Verdes. *National Geographic* (em espanhol), oct. 2007.
- BRASIL. Decreto nº. 6.263, de 21 de novembro de 2007. Institui o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima – CIM, orienta a elaboração do Plano Nacional sobre Mudanças do Clima, e dá outras providências. *Lex: coletânea de legislação e jurisprudência*. São Paulo, ano 71, nov. 2007.
- BRASIL. Programa Nacional de Energia para 2030. EPE, MME, 2008.
- BRITO, Fausto. *A transição demográfica no Brasil: as possibilidades e desafios para a economia e a sociedade*. [Belo Horizonte: UFMG / CEDEPLAR, 2007. (Texto para discussão, n. 318).
- EHRlich e EHRlich. *A explosão demográfica*. Salvat, 1993.
- FLAVIN, Christopher. Desacelerando o Aquecimento Global. In: BROWN, Lester. *Salve o Planeta*. Worldwatch Institute. Ed. Globo, 1990.
- IBGE. *Projeção da População Brasileira para 1-VII de 2050* (revisão 2008).
- LOVELOCK, James. *La venganza de la Tierra*. Buenos Aires: Ed. Planeta, 2007.
- MIELNIK, Otávio, Competição e Transformações. *Conjuntura Econômica*, FGV, dez. 2008.
- RODRIGUES, R., MENDONÇA DE BARROS, A.; CARVALHO, L. Carro Flexível Aquece o Alcool. *Conjuntura Econômica*, FGV, dez. 2008.