



## ARCA DE NOÉ: ENERGIA A PARTIR DA BIOMASSA NO BRASIL

Norman Gall

"A biomassa é um recurso renovável, capaz de produzir combustíveis seguros e não poluentes. Usualmente, a biomassa poderia ser fonte de alimentos, materiais e produtos químicos. Mesmo quando só é aproveitável para produzir combustível, os mesmos fatores de produção (como solo e água) poderiam ser empregados para produzir alimentação humana e para animais, têxteis, papel, produtos para construção ou produtos químicos. O problema é saber se há fatores de produção suficientes para prosseguir." (1)

E. S. Lipinsky (1976)

**N**ão faz muito tempo que um inteligente jornalista brasileiro observou que os esforços desse país para substituir a gasolina pelo álcool como combustível automotivo poderiam tornar-se uma "arca de Noé" que poderia "mover montanhas, bem como veículos motorizados – isto é, se você acredita nisso". É concebível que a arca poderia salvar os países tropicais da ameaça à viabilidade e à segurança nacional representada pelo novo preço do petróleo. Quando o programa brasileiro do álcool foi anunciado em novembro de 1975, muito pouca dúvida havia de que, do ponto de vista técnico, a Arca de Noé flutuaria, e de que novos combustíveis líquidos iriam tornar-se necessários no final do século XX, quando as reservas mundiais de petróleo iriam estar quase esgotadas. Quando ponderado em relação a essa escassez, o preço constituir-se-ia num problema de magnitude decrescente, se, conforme a expectativa, o Brasil pudesse se tornar num pioneiro da conversão em grande escala de energia produzida pela fotossíntese em combustíveis comerciais: esperança essa solidamente baseada na geografia e na experiência histórica da nação tropical maior e mais importante do mundo. Os estrangeiros tendiam a compartilhar dessa esperança. A revista "Science", publicada pela Associação Americana para o Progresso da Ciência, observou em 1977 que "o programa do álcool tem o potencial de estabelecer o Brasil não apenas como o líder mundial de fontes renováveis de energia, mas também como o primeiro país em desenvolvimento, não possuidor de grandes reservas de petróleo, a encontrar um caminho para a independência energética – um caminho privativo seu".

(1) E. S. Lipinsky, "Fuels from Biomass. Integration with Food and Materials Systems" – in Science, 10.02.1978, p. 644.

A transição de combustíveis fósseis para líquidos e gases derivados da matéria viva, ou biomassa, implica um novo desafio, de longo alcance em termos de tecnologia, logística e organização social, que só agora começa a ser compreendido. A grande vantagem dos combustíveis fósseis, para o mundo, residiu na sua alta concentração de conteúdo energético num pequeno volume, que facilitou o transporte e a armazenagem, de maneira a atender com eficiência as necessidades de energia de grandes e complexas sociedades; na verdade, os combustíveis compactos possibilitaram o crescimento dessas sociedades até o ponto atual. Ao mesmo tempo, porém, os combustíveis fósseis também são altamente concentrados, no sentido geográfico, com a maior parte do petróleo movimentado no comércio internacional originando-se no Oriente Médio e no Norte da África, e com quatro-quintas partes dos depósitos conhecidos de carvão localizadas em apenas três grandes países: os Estados Unidos, a União Soviética e a China. Para os países situados fora dessas áreas privilegiadas, a sobrevivência de sociedades complexas poderá depender do desenvolvimento de fontes mais diversificadas de energia, que possam ser usadas e distribuídas com eficiência, para aplicação sob diversas formas limitadas e específicas. Nesse sentido, o Brasil foi dotado pela natureza com vantagens comparativas excepcionais, e, assim, poderá tornar-se uma das principais áreas de teste, para verificar se grandes e complexas concentrações humanas poderão ser sustentadas pela mobilização de fontes difusas de energia.

Em termos de produção de energia, as vantagens comparativas do Brasil residem no potencial hidrelétrico de suas grandes bacias hidrográficas, e no fato de que seu território abrange a área mais extensa e biologicamente produtiva de fotosíntese que se insere dentro das fronteiras de uma única nação. O presente artigo aponta para a possibilidade de que, em grande parte, o Brasil, poderá ser aliviado de sua atual situação de dependência do petróleo importado, e da perspectiva de dependência de uma indústria nuclear custosa, intensiva de capital, através de atalhos tecnológicos, alguns dos quais já sendo implantados, com a transmissão de eletricidade a longas distâncias e com a conversão da biomassa em combustíveis e fertilizantes comerciais. Entretanto, novos progressos tecnológicos e organizacionais terão de surgir, antes dessa autonomia poder ser alcançada.

Nos últimos anos, o Brasil tem gasto US\$ 4 bilhões por ano em importações de petróleo (950 mil barris por dia, em 1977), contra uma produção interna de apenas 172 mil barris, que tem declinado nos últimos tempos. Mesmo que as modestas descobertas ao largo da costa, surgidas após 1974, possam fazer inverter essa tendência, para atingir uma produção prevista de 220 mil barris por dia em 1982, é duvidoso que, aos novos preços do petróleo, a atual configuração de consumo possa ser mantida por muito tempo. Enquanto o Brasil abrange a quinta maior extensão de território nacional do globo, e tem a sexta das maiores populações do mundo, nenhuma outra das nações continentais se encontra com tanta carência de depósitos economicamente úteis de combustíveis fósseis. Por esta razão, tornou-se o Brasil o maior importador de petróleo, entre os países em desenvolvimento, lutando desde 1973 e tomando empréstimos numa escala épica para pagar o petróleo importado. Nestes anos, um superávit de US\$ 4,7 bilhões na balança comercial, acumulado no

Período de pós-guerra, entre 1945 e 1973, foi varrido pelo novo preço do petróleo, tendo sido gerado um deficit de US\$ 10,3 bilhões durante os três anos seguintes, deixando um deficit global de US\$ 5,6 bilhões na balança comercial para o período 1974/76. Devido aos seus deficits na balança comercial e à inauguração dos mercados financeiros pelos petrodólares, o Brasil tornou-se também o maior tomador de empréstimos mundiais, tendo recebido um influxo líquido de empréstimos de US\$ 18 bilhões apenas no período 1974/76 — cerca do dobro de todos os seus empréstimos anteriores em todo o período de pós-guerra. Nesses anos de pós-guerra, o Brasil tornou-se o primeiro país da história a depender quase que inteiramente do motor de combustão interna para desenvolver sua economia e criar ligações no seu território.

A emergência do Brasil como uma nação-estado moderna foi súbita e recente, e deu-se de maneira altamente dependente de um sistema rodoviário e de transporte por veículos automotores, desenvolvido após a 2ª Guerra Mundial. Um grande programa de construção rodoviária recruzou o interior de proporções continentais, decuplicando a rede viária de 1945 para cá. Até pouco tempo, as empresas petrolíferas eram excluídas da exploração no território brasileiro, e a Petrobras, o monopólio estatal do petróleo, não conseguia encontrar reservas no país, capazes de atender a mais do que a quarta parte da demanda nacional por petróleo, num ambiente geológico considerado como impróprio para grandes acumulações de petróleo. Entretanto, o petróleo importado era tão barato, nas décadas de 1950 e 1960, que o Brasil pôde, não apenas construir uma rede viária extensiva — a qual, pela primeira vez, proporcionou rápido acesso ao interior não desenvolvido, — mas também criar a 9ª das maiores indústrias automobilísticas mundiais, produzindo um milhão de carros, caminhões e tratores por ano, em termos redondos. A guerra eclodiu no Oriente Médio em 1973, durante o auge do "milagre" brasileiro de taxas estupendas de crescimento econômico, cuja média foi de cerca de 18% ao ano no período 1968/74, permitindo a esse país gigantesco romper caminho, nos seus esforços de construir uma civilização continental em torno do carro e do caminhão alimentados por petróleo barato importado.

Após 1973, a crise brasileira de energia bordejou muitas questões de vanguarda no desenvolvimento humano, abrangendo contingências de finanças internacionais, proliferação nuclear, inovações tecnológicas relativas a novas fontes de alimento e de energia e a difusão do poder entre os estados, na luta indecidida pelo produto mundial. Como a dependência em relação ao petróleo importado o deixou vulnerável financeira, geopolítica e logisticamente às oscilações de preço e de oferta durante a década de 1970, o Brasil desenvolveu uma diplomacia energética agressiva e multifacetada. Enquanto se torna o principal tomador de empréstimos nos mercados financeiros mundiais, cada vez mais instáveis, para pagar suas importações e seus investimentos de capital, o Brasil está também procurando descobrir novas reservas próprias de petróleo, limitar o consumo de petróleo e desenvolver fontes e sistemas alternativos de energia. Está executando o maior programa de construção de hidrelétricas do mundo, e assinou um acordo com a Alemanha Ocidental para a maior transferência comercial já realizada na indústria nuclear — inclusive a capacidade tecnológica básica para a produção de material para armas atômicas. Como possuidor

e construtor de barragens, como importador de tecnologia nuclear, e como laboratório em perspectiva para o desenvolvimento de "plantações de energia", para produzir fontes alternativas de suprimento de combustível com base na fotossíntese, o Brasil tornou-se um dos personagens principais nas contingências e conflitos surgidos com o novo preço do petróleo.

## DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA NO PÓS-GUERRA

No período de pós-guerra o Brasil saltou da condição de uma economia queimadora de lenha para a de uma movida a petróleo, no decurso de uma geração: a Europa levou três séculos para operar essa transição. Em 1946, ainda 70% do suprimento de energia no Brasil provinham da queima de lenha e de carvão vegetal. No início da década de 1970, esses mesmos 70% já provinham do petróleo e da energia hidrelétrica. Uma das ironias dessa rápida transformação, que ainda estava em marcha acelerada quando os preços do petróleo quadruplicaram de 1973 para 1974, é que o Brasil agora poderá ser forçado a retornar a ciclos de combustíveis baseados na vida vegetal, embora colhendo recursos naturais de uma forma mais sofisticada do que a utilizada para a obtenção e a queima de lenha ou de carvão vegetal.

Embora muitos países em desenvolvimento tenham procedido a uma transformação para fontes comerciais de energia nos anos de pós-guerra, a escala dessa transição no Brasil foi sem igual. Como em outros lugares, o emprego crescente dos combustíveis "duros" (carvão de pedra, petróleo e energia hidrelétrica, também conhecidos como formas "comerciais", centralizadas ou concentradas de suprimento de energia) acompanhou o processo de urbanização. Segundo um historiador cético, "a transição do emprego de produtos de animais ou vegetais vivos para os resíduos orgânicos mortos, como carvão, xisto ou petróleo, como fontes de calor, iluminação, drogas, corantes e perfumes, socialmente foi a transição de uma economia predominantemente rural para uma economia predominantemente urbana, dos campos verdes e agradáveis para as escuras usinas satânicas do poema de Blake. Técnologicamente, foi a transição do emprego de substâncias de elevado peso molecular para o de outras, de baixo peso molecular; dos compostos complexos de carbono próprios da matéria viva, para as substâncias quimicamente mais simples da matéria fóssil, concentrada e purificada após a morte por processos naturais através das mudanças geológicas. Essa transição trouxe consigo uma legião de novas especialidades, para a recuperação e uso dos combustíveis fósseis, da mesma forma que um retorno à biomassa como fonte de combustível irá exigir novas técnicas para a produção, a leta e conversão da matéria viva num suprimento de energia comercial.

Em toda parte, a adoção dos combustíveis "duros" foi acompanhada por urbanização e desenvolvimento industrial acelerados. Através dos séculos e dos séculos, o intervalo de tempo decorrido entre a passagem dos tipos brandos de combustíveis para os tipos "duros" e a concentração da maioria das pessoas nas cidades tem-se encurtado. Mark Elvin relata que, entre os séculos IX e XII,

"a produção de ferro gusa 'per capita' na China multiplicou-se diversas

zes, entre os últimos T'ang e os primeiros Sung... O norte da China tinha-se tornado desflorestado durante o reinado da dinastia T'ang; e a revolução na produção de gusa tornou-se possível pelo emprego do carvão de pedra como combustível, permitindo à China criar uma enorme indústria estatal de armamentos, com emprego de novas técnicas metalúrgicas, e expandir o seu poder imperial. A China dessa época era a sociedade mais urbanizada do mundo, contando pelo menos com duas cidades de mais de cinco milhões de habitantes cada uma, muito embora apenas cerca de 10% da população vivesse em cidades."

Tal como na China, a mudança do carvão vegetal para o mineral, na Inglaterra, foi causada pelo esgotamento das florestas. O emprego do carvão de pedra proporcionou energia abundante e barata, e deu o estímulo para a Revolução Industrial. A mudança do carvão vegetal para o mineral, na Inglaterra, ocorreu entre 1550 e 1700, numa época em que a população total dobrou e a população urbana quintuplicou, muito embora a maioria dos ingleses não vivesse nas cidades até 1851. Esse intervalo de tempo foi já muito reduzido nos Estados Unidos, onde a passagem do emprego da lenha para o carvão mineral ocorreu por volta de 1890, apenas três décadas antes dos americanos estarem morando em áreas urbanas.

No Brasil, nos anos de pós-guerra, esse processo foi abreviado com rapidez impressionante. A ocorrência da maioria da população ser urbana deu-se apenas uma década após o primeiro emprego majoritário de suprimentos comerciais de energia, em 1955, embora em 1941 mais de três-quartas partes dos suprimentos de energia brasileiros ainda fossem provenientes de combustíveis brandos da biomassa — lenha, carvão-de-madeira e bagaço de cana-de-açúcar. Em 1946, o consumo brasileiro de suprimentos "duros" de energia foi de cerca de 5,27 milhões de toneladas de óleo cru equivalente ("COE"), isto é, de 0,11 toneladas "per capita", para uma população de 46,5 milhões. Durante os vinte e cinco anos seguintes, o consumo de energia comercial decuplicou. Embora a população tivesse mais que dobrado nesse período, o emprego "per capita" de energia comercial havia quadruplicado em 1971, tornando-se de 0,47 toneladas "COE". Enquanto isso, o emprego de combustíveis brandos de subsistência cresceu apenas 50%, quase que exatamente na mesma proporção do crescimento modesto da população rural. Em contraposição, na época em que a guerra eclodiu no Oriente Médio em 1973, o consumo brasileiro "per capita" de energia comercial aumentou à taxa média de 9,27% a.a. durante o período 1970/73, uma taxa de crescimento quase três vezes maior que a taxa mundial, e quase duas vezes maior que a de todos os países em desenvolvimento. Apesar dessa expansão dramática, o Brasil permanece um país pobre, com enormes disparidades internas, tanto em termos de renda como de consumo de energia, que se encontram concentrados na parte mais rica do país. O emprego "per capita" de combustíveis "duros" no país como um todo era menos de um terço da média mundial, e de apenas um décimo dos níveis dos países industrializados.

Quando essa expansão e transformação de energia começaram, uma geração atrás, a massa continental do Brasil ainda estava num estágio incipiente de organização. Nas primeiras décadas deste século, a pobreza das comunicações internas

do país impediu a supressão de uma longa série de revoltas regionais que solaparam o poder e a credibilidade do governo federal, e que conduziram a uma corrente subterrânea, porém audível, no País, de rumores sobre o possível desmembramento desse colosso entre as nações, para formar unidades menores e mais débeis. Em 1950, transportar um saco da "fronteira do arroz", no Planalto Central Brasileiro, para o mercado, ainda custava proporcionalmente o mesmo que transportar o trigo do Meio-Oeste americano para Nova Iorque antes da construção do Canal Eire na década de 1820. Naquela ocasião, porém, o processo expedito de criar ligações entre as diferentes áreas do país já estava em curso. O Professor Paul Mandell, da Universidade de Colúmbia, descreve a transformação que ocorreu na região do Planalto Central de Goiás, onde em fins da década de 1950 foi construída a nova capital interior, Brasília:

"Em 1942, os motoristas que iam das grandes cidades para Goiás olhavam com alarme o amplo planalto, enquanto seus caminhões se arrastavam sobre os caminhos de laterita, com suas cargas de produtos manufaturados. O risco de avaria era grande. O custo do combustível, muito alto. Era difícil obter cargas de retorno, e estas quase não cobriam os custos. Tudo isso se modificou dramaticamente quando a agricultura e a indústria de caminhões se desenvolveram na região... Em 1953, Planaltina, Formosa e Luziânia, as principais cidades rurais do Distrito Federal, ligavam-se às cidades de Goiânia e Anápolis por estradas encascalhadas de manutenção precária, incrivelmente poeirentas na estação seca, e freqüentemente intransitáveis quando chovia. A viagem levava de seis a oito horas na estação seca, e até dois ou três dias na chuvosa. Hoje a distância é percorrida em duas horas, numa estrada asfaltada, transitável a qualquer tempo... A política de transportes do Governo procurou desenvolver a produção interna de automóveis e caminhões através de substituição de importações, construção de estradas e importação subsidiada de petróleo. Esta política, conjugada com a abstenção quase completa de investimentos e melhorias no sistema ferroviário, conduziu a um barateamento relativo dos custos rodoviários. Nessas condições surgiram os comerciantes donos de caminhões, os caminhoneiros, que compravam cereais nas zonas produtoras para vendê-los nos mercados regionais ou nos centros de consumo... O caminhoneiro não só tornou a comercialização mais competitiva nas zonas produtoras, como procurou tomar atalhos nos arranjos de mercado existentes, vendendo diretamente a grandes negociantes de arroz e até a varejistas urbanos. Operando com um mínimo de investimentos fixos — um caminhão, sem escritório nem garagem —, executando grandes jornadas diárias de trabalho, realizando seus próprios reparos mecânicos, tomando carga onde quer que a encontrasse, o caminhoneiro fazia baixar o custo dos transportes nos itinerários programados."

Em fins da década de 1940 começou a construção, por estágios, da estrada que hoje é conhecida como a "Belém-Brasília", a primeira estrada troncal trans-

ntinental do país, partindo do estuário do Amazonas para a região do Planalto de iria ser construída Brasília. Com uma grande população e um grande território, e com uma desesperada necessidade de melhores instalações de transporte, o Brasil conseguiu aumentar o emplacamento de carros particulares de uma cifra de 6.000, em 1950, para mais de 4 milhões, em meados da década de 1970.

Em 1973 somente, a produção de veículos automotores cresceu de 32%, as importações de petróleo cresceram de 46%. Nos primeiros vinte e cinco anos pós-guerra, o consumo de petróleo cresceu 12 vezes, dobrando em menos de 7 anos, em média. No início da década de 1970 o Brasil estava tão dependente do transporte rodoviário, que quase três quartos do seu movimento de frete se desloca de caminhão, e apenas 14% por ferrovia: compare-se isto com a média de 7%, que é a participação da ferrovia nos transportes de carga nos Estados Unidos, União Soviética, na França e na Alemanha.

O primeiro poço de petróleo comercial do Brasil só foi descoberto em 1938, e a primeira refinaria foi construída em 1939. Todavia, a indústria doméstica de petróleo nunca pôde dar mais do que uma contribuição marginal às necessidades do País. Em contraposição, a primeira barragem de finalidade hidrelétrica no Brasil foi construída mais de meio século antes: em 1883, apenas 10 anos do primeiro ramo comercial ter começado a operar na Europa. A usina compunha-se de duas máquinas, de 8 HP cada, operando sob uma queda de 5 m, no Rio de Inferno, para fornecer energia para operações de mineração. Refletindo sua enorme vantagem comparativa, com um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo, o Brasil ampliou rapidamente sua capacidade geradora no último século. Essa eletrificação tornou-se o sustentáculo da industrialização, que só era limitada por restrições financeiras e tecnológicas, as quais têm sido sobrepujadas com crescente confiança. Mesmo antes das grandes concessionárias se formarem no Estado de São Paulo, escreve Warren Dean,

"companhias de eletricidade eram muitas vezes organizadas por plantadores ansiosos por adornar suas cidades do interior com dispositivos modernos... Uma casa importadora alemã enviou vendedores pelo interior paulista, oferecendo a instalação de usinas hidrelétricas em condições facilitadas a qualquer plantador que desejasse modernizar sua fazenda, sua fábrica, ou a sede municipal vizinha... As usinas que tinham a participação mais expressiva na geração de energia, as de São Paulo e de Sorocaba, foram construídas por empresas européias e americanas, cuja esperança de lucro se fundava, pelo menos indiretamente, no café, isto é, no crescimento urbano funcionalmente dependente do comércio do café."

Até que fosse constituído o monopólio estatal, a Eletrobrás, em 1962, responsável por todo novo empreendimento de geração de eletricidade, a indústria da energia estava dividida em dois subsetores principais. Até 1950, duas grandes concessionárias estrangeiras geravam 62% do suprimento de eletricidade, e 1.944 usinas independentes (nove décimos das quais com menos de 1 MW de capacidade) forne-

ciam os restantes 28%. Por outro lado, somente 3.771 dos 5.436 municípios organizados do Brasil recebiam eletricidade. A ampliação da rede elétrica foi atrasada, durante certo tempo pelas disputas em torno de tarifas, entre as concessionárias estrangeiras, de um lado, e os políticos e o público brasileiro, pelo outro. As grandes cidades, que se industrializavam rapidamente, eram atingidas persistentemente por faltas de energia, como descritas em 1954 pela Comissão Mista Brasil-Estados Unidos para o Desenvolvimento Econômico:

“... em ocasiões de séria sobrecarga no sistema, a companhia de eletricidade não tem outra opção que não a de desligar certos circuitos, segundo as necessidades, sem aviso prévio aos usuários interessados. Para todos os consumidores industriais, esses cortes de energia são custosos, pois os trabalhadores são mantidos ociosos nas fábricas durante os cortes. Freqüentemente o prejuízo é muito maior, acarretando perdas e danos à produção em processamento, ao equipamento, ou a ambos. Os fabricantes de pneus perdem um dia de produção cada vez que ocorre um corte, e mais um dia para limpeza da maquinaria. O corte de energia a fornos de vidro faz cessar a circulação de ar empregada para refrigerar as paredes dos fornos, com reflexos negativos sobre a resistência e a vida útil dessas paredes. Na melhor das hipóteses, é necessário um reaquecimento muito lento, quando a forna é ligada novamente; na pior, as paredes do forno têm de sofrer reparos, ou ser revestidas com novos refratários. Na indústria química, igualmente, os cortes de energia podem ser muito dispendiosos. Um fabricante de material para moldagem de plásticos, poli-estireno, possui um gerador diesel de reserva para evitar um corte total da energia, porém mesmo isto tem falhas por vezes. Nessa ocasião, o material que passa através do equipamento de produção se solidifica, provocando uma parada não inferior a 10 dias, que pode ir a três semanas, enquanto o poli-estireno é raspado manualmente do equipamento.”

Apesar desses cortes e restrições, e das limitações impostas pela Depressão e pela Guerra Mundial, a produção hidrelétrica do Brasil tem duplicado em períodos médios de 6 anos, neste século. Essa produção se multiplicou, de uma cifra inícial de 13,8 milhões de quilowatts-hora (kWh) em 1900, para 93 bilhões de kWh em 1977: um aumento de quase 7.000 vezes no decurso deste século.

Sob a pressão da crise de combustível da década de 1970, o desenvolvimento hidrelétrico brasileiro se acelerou para novos níveis. Cerca de 150.000 km de novas linhas de transmissão foram instalados nesta década. A capacidade de geração instalada, ao que se espera, deverá aumentar de 8.828 milhões de watts (megawatts, MW) em 1970, para 34.746 MW em 1981, representando uma ampliação quase quatro vezes, sem contar com o maior projeto hidrelétrico do mundo, isso que está sendo construído com a cooperação do Paraguai, no rio Paraná, que forma a divisa entre os dois países. Quando as turbinas de Itaipu começarem a operar, em 1983, o imenso potencial hidrelétrico posto em atividade no remoto interior do continente será levado às grandes cidades do Brasil pelas primeiras linhas de transmissão.

são de corrente contínua de alta tensão (HVDC) a serem instaladas na América Sul. Esta nova tecnologia, empregada de forma pioneira nos Estados Unidos para a eletricidade da Barragem Bonwell, no Noroeste, próximo ao Pacífico, para o cado de Los Angeles, está permitindo transmitir energia economicamente a longas distâncias na União Soviética, na Nova Zelândia, no Canadá, no Zaire e na África Sul. O grande potencial da HVDC para o Brasil é que permitirá o desenvolvimento da geração de energia hidrelétrica na bacia amazônica sem grandes perdas na transmissão para as cidades do sudeste do Brasil, perdas essas que são inerentes à transmissão de corrente alternativa a longas distâncias.

A primeira grande barragem da Amazônia, Tucuruí, está sendo construída no Tocantins, o enorme afluente que surge do Planalto Central, perto de Brasília, que corre para o norte por mais de 2.000 km até entrar no delta do Amazonas, a oeste do porto atlântico de Belém. Cerca de 320 km ao sul de Tucuruí o Tocantins se reúne com outro rio continental, o Araguaia. Estudos hidrográficos e geológicos que ficaram concluídos em 1975 mostraram que estes dois rios, por si sós, contar com os locais para barragens menores nos seus tributários, apresentam locais favoráveis para barragens de pequena altura, com um potencial hidrelétrico total de 18.000 megawatts — o que representa mais do que a totalidade da capacidade hidrelétrica atualmente instalada no Brasil. Entretanto, isto não chega a representar nem a quarta parte do potencial hidrelétrico inexplorado da parte brasileira da Amazônia, e representa menos de um oitavo do potencial brasileiro global. Grandes barragens, que se estima ser da ordem de 160.000 MW, sem incluir a possível utilização de rios menores, que se tornaria econômica se os preços da energia fossem mais elevados. O Prof. José Goldemberg, da Universidade de São Paulo, calculou que:

“... o potencial hidrelétrico total de um país como o Brasil pode ser estimado a partir do potencial de uma região como a Europa, na qual esse potencial já se encontra avaliado com maior precisão. A área do Brasil é de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, e a precipitação anual de água corresponde a 2.000 mm, o que corresponde a 15 trilhões de metros cúbicos; a altitude média do país é de 400 metros. O produto desses dois números é 800.000, enquanto que o mesmo parâmetro calculado para a Europa é de 240.000. Uma vez que se sabe que o potencial hidrelétrico da Europa é de 158.000 MW, o potencial do Brasil deverá ser da ordem de 500.000 MW, a terça parte do qual encontra-se concentrada em grandes rios bem conhecidos, onde existem quedas d'água, ou onde grandes usinas hidrelétricas convencionais podem ser construídas. Os dois-terços restantes estariam então distribuídos por milhares de cursos d'água, onde mini-hidrelétricas poderão conceitivamente ser instaladas.”

O contraste entre o grandioso e o pequeno na prodigiosa expansão da economia energética brasileira não pode ser mais característico do que nas variações reais de consumo. Isso tem sido caracterizado como “o modelo da Bélgica dentro da Índia”, e é comum na maioria dos países em desenvolvimento, onde o grosso da

energia comercializada é consumida em umas poucas áreas metropolitanas de grandes cidades. A região brasileira mais desenvolvida é a do sudeste, que engloba as cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte. Contando com duas quintas partes da população do país, o sudeste consome quase quatro quintos da energia elétrica do Brasil. O Estado de São Paulo, com 23 milhões de pessoas, produz mais de metade dos bens industriais brasileiros, e consome quase metade do total de consumo de eletricidade do País, acusando um consumo "per capita" (de 5.600 kWh em 1970) que é quase 20% superior à média conjunta de todos os países industrializados, e isto apesar da renda "per capita" em São Paulo ser apenas de 25% da das nações desenvolvidas. Essa discrepância entre a utilização "per capita" da energia nos níveis de renda pode ser um indicador de quão inefficientemente a economia de São Paulo pode estar funcionando.

O modelo da "Bélgica dentro da Índia" define enormes disparidades no consumo "per capita" de energia entre regiões de países em desenvolvimento, que constituem um paralelo próximo daquilo que se observa nas diferenças entre os níveis de renda e de urbanização. A renda "per capita" de São Paulo (US\$ 784) em 1970 era o triplo da do Brasil, e segue uma configuração bem caracterizada em países em via de desenvolvimento, como a Indonésia, a Tailândia, o Irã, a Turquia e o México, nos quais os níveis de renda nas grandes cidades são duas ou três vezes mais elevados do que o do país como um todo. Embora o consumo "per capita" de energia no Brasil seja apenas um décimo do dos Estados Unidos, essa disparidade é impressionante frente aos contrastes existentes entre as regiões brasileiras. Por exemplo, a utilização "per capita" de energia elétrica é 23 vezes superior à do Nordeste pobre e populoso, onde 31 milhões de habitantes ainda vivem principalmente no interior, em que pese o movimento considerável de afluxo às cidades nas últimas décadas. Ao mesmo tempo, o crescimento da economia energética do Nordeste nos últimos anos ficou confinado a uma expansão fenomenal da capacidade hidrelétrica. Entre 1961 e 71, o consumo de eletricidade no Nordeste aumentou à taxa de 25% a.a., de 1 milhão de megawatt-horas (MWH) para 3,7 milhões, sendo esperado um crescimento para 17,8 milhões de MWH por volta de 1981. Apesar disso, o consumo "per capita" de energia elétrica no Nordeste em 1971 (131 kWh) ainda era menos da terça parte da média nacional.

De maneira ainda mais impressionante, o modelo da "Bélgica dentro da Índia" aplica-se no âmbito da própria região Nordeste, da mesma forma que ao Nordeste como um todo em relação aos centros mais desenvolvidos do Brasil. Quase metade da energia elétrica nordestina foi consumida, em 1970, em duas grandes cidades, Salvador e Recife; já nos demais lugares, como era de esperar, a intensificação do uso da eletricidade vem acompanhando de perto o crescimento da população urbana. Embora a energia hidrelétrica possa ainda permanecer abundante pelos próximos durante o próximo meio-século, a escassez de outras formas comerciais de energia — principalmente do petróleo — no Nordeste e em outras regiões do Brasil poderá vir a exigir adaptações de maior monta, para assegurar a sobrevivência desses complexos urbanos. Nessas adaptações, as qualidades sem par do Brasil como terra de sol terão de ser levadas em conta.

## TECNOLOGIAS SOLARES

Tanto em termos de invenção como de aplicação, o desenvolvimento da energia solar está assumindo formas altamente diversificadas e descentralizadas. Apesar disso, os pesquisadores se estão conscientizando, com intensidade crescente, de que parece haver uma grande limitação às economias de escala a serem exploradas na coleta e armazenamento da energia solar, antes desta poder alimentar as normas redes de distribuição que atendem às cidades industrializadas, com sua elevada demanda de energia "per capita". Os custos unitários, portanto, são elevados, em comparação com as despesas operacionais das centrais existentes, que funcionam à base de óleo e carvão — mesmo se se considerarem os altos preços atuais. Seu explicaram os físicos Frank von Hippel e Robert H. Williams, da Universidade de Princeton:

"As propriedades da luz solar implicam que um sistema de geração de energia nela baseado irá geralmente exigir equipamentos de maior vulto, para proporcionar um quilowatt, do que os sistemas geradores convencionais, de maneira que novas estratégias irão ser necessárias para que se possam manter os custos de capital num nível razoável. Para sistemas solares serão necessárias grandes áreas coletoras (grandes, por exemplo, em relação às áreas das instalações térmicas que desenvolvem quantidades comparáveis de energia a partir de usinas alimentadas por combustíveis fósseis ou nucleares): isto porque a energia solar é difusa. E seria necessário uma volumosa instalação de armazenagem, para proporcionar energia quando a fonte solar não estiver disponível. Por exemplo, seriam necessários quase 400 litros de água aquecidos de 20 para 100°C, para armazenar uma energia equivalente à energia química armazenada em um litro de gasolina."

O programa governamental americano de pesquisa solar tem sido atacado por pretender criar "tecnologias solares à imagem da energia nuclear"; isto é, por concentrar seus esforços no sentido de desenvolver grandes usinas centrais no futuro remoto, sem atentar na natureza difusa da fonte, e desdenhando aplicações mais imediatas de energia solar, numa escala menor e mais localizada. Para os críticos, o símbolo do esforço governamental é a "torre de energia", de 300 m de altura, no topo da qual está instalada uma caldeira no foco de reflexão de uma grande bateria de espelhos solares. O governo tem defendido esses grandes projetos como sendo a única forma da energia solar poder dar uma contribuição significativa (do ponto de vista quantitativo) e para as necessidades globais de energia elétrica do país. Numa série de sete reportagens sobre o desenvolvimento da tecnologia solar, publicadas em 1977, a revista "Science" encontrou, no setor privado, "um ritmo estonteante de inovações técnicas em projetos de equipamento solar, e nos métodos de pesquisa para captação e uso da energia solar", em contraste com o que era descrito como um esforço governamental retrógrado e mal orientado. A despeito desse progresso, porém, permanece inalterável a questão da escala. A energia solar poderá ser posta sob controle, para sustentar grandes e complexas concentrações humanas? Ou a in-

ventiva empregada no desenvolvimento da energia solar irá atender apenas a comunidades dispersas, com grandes áreas circundantes e com baixo consumo "per capita" de energia?

O que está surgindo da recente intensificação das pesquisas e da fixação na energia solar é a perspectiva de uma grande variedade de aplicações especializadas e limitadas, nenhuma das quais poderá, individualmente, constituir-se numa contribuição vultosa ao orçamento energético de uma sociedade industrializada. Entretanto, em conjunto, essas aplicações poderão representar uma contribuição considerável, se conjugadas com um esforço conservacionista vigoroso. Podem-se prever grandes moinhos de vento gerando eletricidade em lugares ventosos como as Montanhas Rochosas ou as Ilhas Britânicas, bem como, em menor escala, na protuberância do Nordeste brasileiro sobre o Atlântico. A energia solar será usada para aquecer e refriar edificações, para irrigar e para dessecar colheitas, e para gerar calor industrial a temperaturas médias (abaixo de 300°C), que constituem, em conjunto, a faixa na qual são consumidos 30% de todo o calor industrial utilizado nos Estados Unidos, especialmente nas indústrias alimentícia, têxtil e química.

Em outro contexto, as principais companhias químicas e de petróleo vêm competindo ativamente no desenvolvimento de uma nova indústria, biotecnologia, na qual a ação dos micro-organismos é manipulada para produzir alimentação humana e animal, para purificar a água, e para converter os resíduos de esgotos, da agricultura e da exploração florestal no gás metano. Relata-se que essas companhias já investiram US\$ 500 milhões para desenvolver meios e modos de cultivar em grande escala algas, bactérias e fermentos, visando produzir alimentação animal a partir de proteínas de células singelas ("SCP"); essa alimentação, com os preços crescentes da soja e da farinha de peixe, já começou a tornar-se economicamente competitiva. O programa brasileiro do álcool é o esforço mais ambicioso já empreendido para combinar os princípios da fotossíntese com a biotecnologia, sob forma de fermentação bacteriana, para produzir combustíveis comerciais, muito embora empregando técnicas que pouco têm mudado nas últimas décadas.

A produção de energia comercial em grande escala a partir de fontes solares e bacterianas só se tornará uma realidade com a solução de problemas e incertezas ainda existentes. Num levantamento recente sobre biotecnologia, "The Economist" indicou sucintamente os problemas de produção de alimentos e combustíveis por ação bacteriana, em lotes sempre crescentes, como na projetada produção de álcool pelo Brasil:

"As bactérias produzem reações químicas em ritmo mais lento do que as refinarias de petróleo. Isto significa que, para um determinado ritmo de produção, se necessitará empregar recipientes maiores — a um maior custo de capital. Esses custos ainda se tornam mais elevados devido à sensibilidade das bactérias ao ambiente em que se desenvolvem. A segurança e a qualidade são outras tantas preocupações. A natureza nem sempre obedece ao comando do homem, e bactérias erradas podem-se desenvolver como enxanquinhas num campo de trigo."

Na área remota da produção de eletricidade a partir de células foto-elétricas — que constitui um desenvolvimento promissor do programa espacial dos E. U. A., o qual pelo menos quatro das maiores companhias de petróleo estão fazendo grandes investimentos — há opiniões muito divergentes sobre a maneira de atacar o problema crucial do alto custo de capital para a conversão direta da luz solar em eletricidade nas células de silício que durante anos têm sido a fonte de energia da maioria dos satélites artificiais. Outros caminhos tecnológicos alternativos têm proliferado rápida e confusamente: um, ou uns poucos, terão de ser escolhidos para concentração dos esforços na redução do custo de produção, de pelo menos 20 vezes, para tornar as células foto-elétricas uma fonte competitiva de energia localizada. Alguns cientistas crêem que isso poderá ser alcançado no início da década de 1980. Harry Kelly, do "Office of Technology Assessment" americano, indagou, em data recente, se a célula foto-elétrica jamais dará uma contribuição de vulto ao orçamento de energia elétrica de grandes cidades; por outro lado, sugeriu que um dos principais mercados para essa tecnologia poderia ser encontrado nas áreas em desenvolvimento:

"Muitos tipos de construções em áreas urbanas densamente povoadas poderão não ser capazes de utilizar com eficiência o equipamento foto-elétrico... por estarem na sombra grande parte do dia. Esse tipo de problema pode ser minimizado em novas comunidades cuidadosamente projetadas; por outro lado, ele representa uma barreira importante na adaptação "a posteriori"... Entretanto, uma parte significativa das vendas, nos próximos anos, deverá ocorrer nos países em desenvolvimento. O equipamento de fotocélulas é ideal para os lugares onde não há uma rede de distribuição, e onde a mão-de-obra para instalação do equipamento é relativamente barata. Os consumidores nas capitais de muitas nações em desenvolvimento chegam a pagar, hoje, US\$ 0,20 a US\$ 0,25 por quilowatt-hora e energia elétrica, e os preços em áreas mais distantes ainda são mais elevados (quando essas áreas são servidas por rede elétrica). A natureza modular do equipamento foto-elétrico possui a vantagem adicional de permitir a instalação rápida de fontes de energia de tamanho adequado para cada aplicação. Ademais, o investimento em fontes foto-elétricas de energia não obriga uma nação a empenhar-se em descobrir uma fonte confiável de combustível, nem a manter um grupo altamente treinado de operadores."

Embora tenha havido progressos impressionantes em determinadas tecnologias, o ataque aos problemas pendentes ainda está num nível tão incipiente que das as observações e conclusões representam respostas tentativas. Em que pese o ambiente propício do Brasil para a exploração da energia solar, as autoridades de Brasília compartilham do ceticismo americano sobre as possibilidades de aplicação em grande escala. A um pedido de financiamento para fundação de uma vila no Nordeste, o Ministério das Minas e Energia — um produto da burocracia da Petrobrás — respondeu, segundo consta, que mais barato do que financiar a experiência seria abastecer a vila com petróleo enviado por avião duas vezes por semana.

Apesar disso, estão sendo realizadas experiências de diversos tipos, com energia solar, no Brasil — por vezes acompanhadas de generosas fanfarras de publicidade, embora a maioria das pesquisas esteja sendo realizada em baixos níveis de intensidade e de originalidade. Um moinho de vento experimental, criado pelo Centro Aero-espacial da Força Aérea Brasileira, perto de São Paulo, tem sido montado e desmontado diversas vezes em pontos diferentes do Nordeste, para fins de demonstração. Seu ponto final de instalação, ao que se espera, será no arquipélago de Fernando de Noronha, no Atlântico, a cerca de 200 milhas do porto nordestino de Natal. Esse arquipélago atualmente recebe seu suprimento de energia duas vezes por semana, levado por embarcações da Marinha brasileira, que deixam cerca de 22 tambores de óleo nas praias, uma vez que não há estradas que levem aos pontos remotos onde funcionam os geradores de eletricidade. No início de dezembro de 1978 será instalado o primeiro de uma série de moinhos-de-vento de 20 kW, cada um deles com 25 m de altura, será instalado; o objetivo é ir substituindo gradualmente os geradores termelétricos. Diversas universidades brasileiras estão fazendo experiências com bombas e aquecedores solares para dessecar colheitas como café, cacau e soja, para condicionamento de ar e para calor industrial.

Numa outra aplicação não-convenional de energia, a Companhia Municipal de Gás de São Paulo começou a operar uma usina, no início de 1978, para produzir 15.000 m<sup>3</sup> de gás, diariamente, a partir do lixo urbano. A referida companhia, Comgás, está perfurando poços de gás em um dos enormes locais de lançamento de lixo da cidade, para retirar o metano que se forma naturalmente pela decomposição bacteriana dos resíduos urbanos. Numa escala muito maior, isto é uma aplicação do mesmo princípio de operação de milhões de usinas familiares de biogás em funcionamento na China e na Índia para produzir combustível e fertilizantes a partir de resíduos humanos e de animais, substituindo o querosene para cozinhar. Operada na escala de uma sociedade urbana complexa, porém, o "lixo gaseificado" não é uma fonte renovável de energia. Embora São Paulo produza 6.000 toneladas de lixo por dia, é necessário o resíduo de 40 residências para suprir de gás uma única casa. A ideia de produzir gás a partir do lixo não é nova no Brasil. Foi proposta pela primeira vez em 1898, por uma companhia inglesa, para produzir gás para iluminação pública no Rio de Janeiro.

Embora todas essas opções possam dar sua contribuição para o balanço energético global, a principal oportunidade brasileira é a da aplicação maciça de substitutos para derivados do petróleo, por fotossíntese. É na conversão da matéria vegetal em combustíveis e fertilizantes que se está desenvolvendo o esforço principal.

## O PROGRAMA DO ÁLCOOL

A capacidade fotossintética do Brasil já lhe permitiu tornar-se, em termos de valor, no segundo maior exportador de produtos agrícolas, após os Estados Unidos. O maior desafio com que se defronta a agricultura brasileira, para produzir

tas quantidades crescentes de alimento e combustível no seu "hinterland" ainda não colonizado é o de maximizar a vantagem comparativa da capacidade de fotossíntese do seu interior de proporções continentais, para sobrepujar as limitações agora impostas à fronteira agrícola pela distância e pela infertilidade dos solos geralmente áridos da Amazônia e do Planalto Central. Nas fronteiras agrícolas em rápida expansão, grandes tratos de terra que hoje são marginais poderiam ser postos a produzir, e muitos núcleos de colonização existentes se poderiam sustentar, se se pudesse desenvolver uma produção localmente auto-suficiente de combustíveis e fertilizantes. As autoridades brasileiras têm falado de criar "ilhas econômicas" em torno de pequenas destilarias produzindo combustíveis e fertilizantes a partir da cana-de-açúcar, mandioca, babaçu, sorgo, milho, eucaliptos e outros cultivos. O esforço de desenvolver, através da fotossíntese, novas fontes de suprimento comercial de energia, com os abundantes recursos brasileiros de solo, água e insolação, tem despertado grande interesse na comunidade científica mundial.

Um batalhador declarado pelo esforço brasileiro de desenvolver suprimentos de combustível fotossintético é o Prêmio Nobel de Química, Dr. Melvin Calvin, da Universidade da Califórnia, em Berkeley. Segundo Calvin, as áreas da superfície terrestre mais propícias à conversão útil da energia solar e ao seu armazenamento em vegetais não são as áreas de maior insolação — os desertos do norte e do sul da África e o sudoeste dos Estados Unidos — mas sim as regiões equatoriais da América do Sul, da África e do Sudeste Asiático. Nessas áreas há abundância de água, e também de insolação, produzindo as taxas mais elevadas de fotossíntese e fixação do carbono: cerca de 1 kg de carbono por metro quadrado por ano. Uma vez que a África, a América do Sul e o Sudeste Asiático também dispõem de mais de dois terços do potencial hidrelétrico inexplorado do globo, essa combinação de capacidade fotossintética associada à capacidade hidráulica faz prever um novo tipo de economia energética para o futuro. Em contraposição, os cientistas estão descobrindo que as futuras limitações de abastecimento d'água dos Estados Unidos poderão impedir a adoção de novas alternativas de energia, não apenas em termos de agricultura energética, mas também de desenvolvimento das vastas reservas de carvão e de óleo de xisto do país, reservas essas que dependem da água para seu processamento, e que estão situadas em regiões onde a água é escassa, ou já é demandada em grande escala. No Brasil, por outro lado, os recursos inexplorados — minerais, hidráulicos e fotossintéticos — tendem a coincidir nas mesmas regiões. A área de insolação anual mais elevada (mais de 200 watts/m<sup>2</sup>) forma um largo cinturão ensolarado, muito maior do que o das Grandes Planícies dos Estados Unidos, começando logo ao norte da cidade de São Paulo e estendendo-se através do Planalto Central até atingir o Oceano Atlântico na protuberância do Nordeste. Nos solos férteis existentes nas duas extremidades desse cinturão — no Estado de São Paulo e no Nordeste — está localizada a maior e mais antiga indústria açucareira do Hemisfério Ocidental, a qual vem produzindo álcool como um subproduto para utilização como combustível para motores, em pequena escala, já há meio século, bem como para uso na indústria de bebidas e na química. Calvin assim descreveu essa vantagem comparativa:

"a fixação fotossintética do carbono é extremamente elevada na Bacia

emite menos substâncias poluentes do que a gasolina e, devido à sua queima ser mais completa, proporciona uma quilometragem ligeiramente maior, por litro. As experiências do Departamento de Agricultura americano em 1907 indicaram que "qualquer motor a gasolina pode funcionar a álcool sem nenhuma modificação na construção do motor". As pesquisas realizadas no Brasil na época de 1930 indicaram que é necessária uma regulagem do carburador, se se misturar o álcool à gasolina em proporção maior do que 20%, como combustível automotivo.

"2. Os primeiros testes do álcool como combustível automotivo acusaram problemas para a partida em tempo frio. Desde o início, a indústria procurou a solução desse problema, ou num combustível alternativo para a ignição, ou em algum tipo de pré-aquecimento de pequenas quantidades de álcool".

As notícias das experiências dos europeus com o álcool em pouco tempo atingiram o Brasil. Em 1902, um trabalho sobre "As Aplicações Industriais do Álcool" relatou os resultados dessas experiências, numa conferência da indústria açucareira, na Bahia. Naquela época, a indústria açucareira do Nordeste brasileiro encontrava-se em depressão e procurava novas utilizações para o álcool que produzia. Houve cidades que instalaram iluminação a álcool; editores de jornais encorajaram o emprego do álcool-motor; e os porta-vozes da indústria encorajavam a adoção do álcool para a mistura de vinhos de frutas. Em 1919, o governador do Estado nordestino de Pernambuco decretou que todos os veículos oficiais seriam movidos a álcool, como os caminhões e os carros das usinas de açúcar já vinham fazendo desde algum tempo, chegando ao ponto de instalar postos de abastecimento fora das usinas, para venda ao público. Por volta de 1920, diferentes marcas de "álcool-motor" estavam sendo vendidas em diversos estados — como a Azulina (Pernambuco), a USGA (Alagoas), Motorina (Paraíba) e Cruzeiro do Sul (São Paulo). Em 1931, o Governo Federal, pressionado pelo setor açucareiro, decretou que todos os importadores de gasolina teriam de misturar um mínimo de 5% de álcool no combustível vendido ao público brasileiro. Em 1934, o presidente do recém-organizado Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), fundado para ajudar a indústria açucareira a se recuperar da Grande Depressão, argumentava que "a defesa do açúcar... é encarada como indissolublemente ligada à produção em grande escala do álcool como combustível, constituindo a solução definitiva e estável para o problema do açúcar no Brasil". Nessa ocasião, um jovem engenheiro, Eduardo Sabino Oliveira, retornou ao Brasil após um curso de pós-graduação na Europa, onde havia trabalhado no "Office National des Combustibles Liquides" de Paris na época em que o Exército francês estava adaptando todos os seus veículos para operarem a álcool no caso de uma nova guerra, que interrompesse o abastecimento de petróleo.

Sabino Oliveira, na década de 1930, tornou-se o primeiro brasileiro a realizar experiências intensivas com álcool etílico em motores. Trabalhando no Instituto Politécnico de São Paulo e no Instituto Nacional de Tecnologia, do Rio de Janeiro,

... demonstrou que os automóveis americanos podiam operar tão bem com álcool como com gasolina e isto convenceu os políticos que um programa em larga escala usando o emprego do álcool como combustível era exequível. Enquanto isso, o Brasil estava numa atividade pioneira para a formação do capitalismo de Estado no Brasil, financiando e promovendo a construção de destilarias para produzir álcool anidro (com 99,7% de pureza). O número dessas destilarias se multiplicou, de apenas uma em 1933, para 31 em 1959, e para 54 em 1945, atingindo então uma produção diária de 819.000 litros. A produção do álcool para mistura carburante cresceu de 100.000 litros, na safra de 1933/34, para 77 milhões de litros, na de 1942/43. Na década de 1930, duas destilarias foram construídas, nos estados de Minas Gerais e de Santa Catarina, para processamento de mandioca, na produção de álcool. A mandioca era, naquela época e ainda hoje, considerada como a cultura mais promissora, a longo prazo, para a fabricação do álcool, uma vez que medra bem em solos marginais, deixando as terras de primeira categoria para a produção de alimentos e de produtos de exportação. Naquela época, porém, como ainda hoje, as destilarias à base de mandioca não podiam competir economicamente com o álcool obtido como subproduto da fabricação do açúcar, porque uma grande parte do custo de produção, neste último caso, é absorvida pela produção de açúcar e também porque as destilarias de mandioca têm de queimar lenha ou óleo, para gerar eletricidade e vapor, que são necessários ao processo; já uma destilaria associada a uma usina de açúcar pode queimar bagaço e outros resíduos da safra de cana.

Na década de 30, o emprego do álcool carburante já tinha sido adotado em diversos países importadores. Em 1932/33, o governo francês decretava que todos os caminhões e ônibus passariam a usar uma mistura combustível contendo de 25 a 34% de álcool, e que todos os carros utilizariam de 11 a 15% de álcool. O consumo francês de álcool saltou de cerca de 38 milhões para cerca de 76 milhões de litros por ano, entre 1930 e 1934; já na Alemanha o consumo cresceu de cerca de 15 milhões de litros em 1926 para 174 milhões em 1932. Em toda a Europa, o álcool estava sendo produzido como carburante a partir de matérias-primas tais como beterraba, batata, madeira e carvão. Os governos da Áustria, Dinamarca, Hungria, Itália, Iugoslávia, Suécia, Lituânia e Tchecoslováquia, todos eles, decretaram misturas de 20 a 30% de álcool nos seus combustíveis para motores. Medidas semelhantes foram adotadas pela Argentina, Austrália, Chile, Equador, Índia e Paraguai.

No século XX, álcool continuou a ser usado como combustível, em períodos de crise econômica, como o da Grande Depressão e os da Primeira e da Segunda Guerras Mundiais. No Brasil, durante a Segunda Guerra Mundial, criou-se uma escassez crítica de combustível, devido à atividade dos submarinos alemães no Atlântico Sul, que prejudicou severamente o tráfego de petroleiros, de perrengue com a disputa entre o Brasil e os Estados Unidos sobre as quantidades de carvão e de petróleo que deveriam ser alocadas ao Brasil durante a guerra. Os substitutivos carburantes adotados foram o álcool e o "gasogênio", uma "gasolina" sintética destilada do carvão e da madeira. Em 1942 houve "blackouts" em cidades do interior por falta de carvão. O Presidente Getúlio Vargas "proibiu todos os carros particulares, exceto os das altas autoridades e aumentou a proporção do álcool anidro a ser adicionado à gaso-

Amazônica; mesmo no restante do Brasil essa fixação é mais elevada do que em quase qualquer outro lugar do mundo. O Brasil, obviamente, é uma área madura para a exploração de produtos fermentáveis. E acontece que o Brasil tem a maior área de cultivo de cana-de-açúcar do mundo: em 1974, produziu 9 milhões de toneladas de açúcar bruto. Para fabricar essa quantidade de sacarose é necessário produzir cerca de 2,2 milhões de toneladas de substâncias fermentáveis, sob forma de mel-de-engenho, como subproduto. O mel-de-engenho pode, então, ser utilizado para a produção de álcool. Os brasileiros não utilizaram nenhum etileno derivado de petróleo para produzir álcool industrial em 1974; utilizando apenas o melado, produziram cerca de 740 milhões de litros de álcool. Cerca de 500 milhões de litros foram usados para a fabricação de produtos industriais de várias espécies, e os 250 milhões de litros restantes foram usados para "esticar" o abastecimento de gasolina numa média de cerca de 2%."

O objetivo brasileiro é aumentar o teor alcoólico do seu suprimento de combustível automotivo para 20%, por volta de 1980. Para atingir essa meta, o Brasil terá de multiplicar sua produção de álcool cerca de sete vezes, em relação aos níveis de meados da década de 70, para obter mais de 5 bilhões de litros em 1980. Isto significará a construção de 234 novas destilarias, a um custo aproximado de US\$ 10 milhões cada, e a incorporação de 1,5 milhão de hectares de novas plantações de cana-de-açúcar, uma vez que outros cultivos não têm perspectiva de dar uma contribuição importante como matéria-prima agrícola para a produção do álcool senão após 1980. O programa do álcool, desta forma, tornou-se no maior esforço em qualquer parte do mundo, para produzir um substitutivo para os combustíveis derivados do petróleo a partir de fontes fotossintéticas.

A prática da fermentação alcoólica pode ser mais antiga do que as primeiras tentativas de agricultura organizada. A palavra "álcool" origina-se do nome dado na Mesopotâmia a uma pintura para os olhos, "guhlu", a qual pode ter sido empregada como repelente de insetos e como antídoto contra infecções. Na época em que se produziu pela primeira vez açúcar de beterraba na Europa, no século XVIII, o químico francês Lavoisier sugeriu intuitivamente que a essência da fermentação, na qual é produzido o álcool, residia na decomposição do açúcar. Esse processo de decomposição transforma carbo-hidratos em hidrocarbonetos, e matéria viva vegetal em combustíveis "duros" como petróleo, carvão e álcool. Nos casos do petróleo do carvão, esse processo ocorre através de milhões de anos, por processos geológicos que ainda são compreendidos apenas em parte. Por outro lado, o álcool é produzido por uma das indústrias mais antigas da humanidade, a partir de qualquer carboidrato: açúcar, amido e celulose, este último constituindo-se no material orgânico mais abundante do mundo, formando o principal componente "seco" de tecidos vegetais, como a fibra da madeira. O açúcar pode ser fermentado diretamente para formar o álcool, porém o amido e a celulose primeiramente têm de ser convertidos em açúcar. Na Europa, as primeiras transformações de amido e de celulose em açúcar, em laboratório, foram realizadas no início do século XIX. Essa operação é o caminho para a produção industrial do álcool a partir de substâncias corriqueiras.

como a madeira e as batatas, e conduziu à realização de experiências extensivas, no fim do século, com o álcool como substitutivo de combustíveis "duros". Hoje em dia o processo é bem conhecido, porém só se tornará utilizado em larga escala quando a matéria-prima agrícola puder ser produzida em abundância, e puder ser transformada com a eficiência suficiente para justificar a alocação dos recursos necessários à sustentação dessa nova economia de combustíveis, ou quando o preço da gasolina começar a se elevar a ponto de ser perdido de vista.

## ESFORÇOS PRECOCES

As experiências de uso do álcool como combustível automotivo são virtualmente tão antigas como o próprio automóvel. Em 1894, enquanto Karl Benz, Armand Peugeot, Herbert Austin, Henry Ford, Luis Renault e outros ainda estavam adaptando o motor de combustão interna recém-inventado, para emprego no transporte, as pesquisas de laboratório prosseguiam simultaneamente na França e na Alemanha, visando o uso do álcool nos novos motores. Em 1899 o álcool foi empregado pela primeira vez numa corrida de automóveis numa viagem de ida-e-volta, com percurso de 136 km, de Paris a Chantilly. Em 1900, uma cervejaria experimental em Berlim acionou um caminhão de três toneladas com uma mistura de álcool e benzeno, num itinerário urbano de distribuição, a uma velocidade de perto de 15 km/h. Com o apoio entusiástico da indústria de destilação, as experiências se multiplicaram e se realizou uma longa série de conferências internacionais sobre a utilização do álcool em motores: as reuniões se iniciaram em 1901, em Paris e em Halle (Alemanha). Nos Estados Unidos, os resultados de testes cuidadosos foram publicados pelo Departamento de Agricultura (1907) e pelo Bureau das Minas (1912).

O principal motivo do interesse pelo álcool era o alto custo do petróleo, que em toda parte era de 4 a 12 vezes mais caro do que o carvão na Inglaterra em 1900. O petróleo não se tornou competitivo senão depois que a indústria aperfeiçoou seus métodos de refinação e distribuição, após a descoberta dos grandes campos petrolíferos de Bornéu (1903) e do Texas (1901). Esses primeiros experimentos como álcool chegaram a estabelecer alguns princípios gerais relativos ao seu uso como combustível, princípios estes que foram confirmados e ampliados por experiências realizadas na década de 1970 pelo governo e pelos laboratórios industriais brasileiros:

1. A combustão do álcool nos motores é mais regular e completa do que a de outros combustíveis testados na década de 1890 e se processa sem as detonações observadas em motores que queimam querosene. Embora o poder calorífico do álcool seja inferior ao da gasolina, o álcool suporta uma maior taxa de compressão. Em motores especialmente projetados, o álcool proporciona 18% a mais, de potência por litro, do que a gasolina, porém é consumido a uma taxa de 15 a 20% mais acelerada. Esse dois fatores se cancelam mutuamente. O álcool

tina, de 30 para 50%. Fábricas após fábricas foram forçadas a fechar as portas por falta de óleo combustível". O chefe de uma missão técnica dos Estados Unidos no Brasil em tempo de guerra relatou os esforços de emergência para utilizar fontes de combustível da biomassa:

"Foram experimentados substitutivos para os combustíveis normalmente importados; em alguns casos, esses substitutivos permaneceram em uso, como a torta de caroço de algodão após a extração da maior parte do óleo (um artigo que anteriormente era exportado como alimento para o gado), xistos betuminosos, refugos de grãos de café e turfa... Vários óleos vegetais, como os de algodão e de amendoim, têm sido sugeridos como substitutivos para certos derivados do petróleo, particularmente para motores Diesel... houve apoio para a idéia de que o Brasil faria bem em esforçar-se para desenvolver uma máquina a vapor para o transporte motorizado... usando álcool como combustível, em vez de gasolina... alguns de nós achávamos que o projeto poderia ser muito simples, que a máquina poderia facilmente ser fabricada no Brasil e que um modelo único poderia ser usado em automóveis, em barcos fluviais e em aeroplanos. O fomento ao cultivo da cana-de-açúcar para produção de álcool teria um considerável valor social, proporcionando emprego a grande número de pessoas muito necessitadas... Centenas de itens individuais de maquinaria, produzidos em muitas oficinas, estão sendo instaladas em automóveis e caminhões para usar o gás gerado no próprio veículo a partir da combustão incompleta de madeira ou de carvão como combustível para o motor".

Essas experiências cessaram tão subitamente quanto começaram, com o final da situação de emergência. A produção de álcool carburante caiu de 40% entre 1942 e 1943, na medida em que as exportações de açúcar e as importações de petroleiros ressurgiram, depois que as vias marítimas ficaram livres dos submarinos alemães. A enorme expansão da produção de petróleo no Golfo Pérsico, no início da década de 1950, com os custos de produção sedimentando-se em cerca de 10 centavos de dólares por barril nos campos principais, virtualmente terminou com a utilização em larga escala do álcool como combustível, até que os preços do petróleo quadruplicassem, em 1973/74. Um autor brasileiro atribuiu o declínio do álcool como combustível — exceto em períodos de preços muito baixos do açúcar — à consolidação da Petrobrás (fundada em 1954), com seu monopólio da refinação com a expansão da produção de petróleo bruto no Brasil; ao uso do álcool pela indústria química brasileira; e ao desenvolvimento de uma indústria automobilística nacional vinculada a um alto consumo de gasolina... de maneira tal que as daleias centrais se tornaram obsoletas e inoperantes como produtoras de álcool anidro, privadas, como ficaram, de todo incentivo".

## A NOVA IMPULSÃO

A situação assim permaneceu até meados da década de 1970, quando

lançado o atual programa do álcool. Em 9 de outubro de 1975 o Presidente Ernesto Geisel fez um discurso televisionado para toda a nação, anunciando duas providências dramáticas, que visavam reduzir o impacto dos preços quadruplicados do petróleo em 1973/74 e de futuras oscilações no preço e no abastecimento do petróleo importado. Em primeiro lugar, as companhias petrolíferas estrangeiras seriam admitidas a explorar o território brasileiro pela primeira vez, sob "contratos de risco" com a Petrobrás. Em segundo, Geisel anunciou a decisão de criar um

"Programa Nacional do Álcool, visando permitir o uso do álcool como combustível, em mistura com a gasolina, num teor de 20%, bem como o seu uso na indústria química, com matéria-prima. Essas medidas... abrangem a compra do álcool pela Petrobrás, a novos níveis de preços (em paridade com o açúcar), o estímulo financeiro para o plantio adicional de cana e a construção de destilarias anexas a usinas e autônomas. Haverá também programas especiais para dar apoio à produção do álcool de outras fontes — mandioca e batata doce — notadamente em novas áreas".

Quando o programa do álcool foi decretado formalmente dois meses depois, o escopo dos seus objetivos foi especificado numa Exposição de Motivos introdutória:

- I. Economizar divisas... através da substituição de importações de combustíveis petrolíferos...
- II. Reduzir as disparidades de renda regional, uma vez que o País como um todo, inclusive as regiões de baixa renda, é capaz de produzir uma quantidade adequada de matérias-primas, especialmente mandioca.
- III. Reduzir as diferenças individuais de renda, devido à concentração do programa em produtos intensivos de mão-de-obra, no setor agrícola.
- IV. Crescimento da renda interna, pelo emprego de fatores de produção, terra e mão-de-obra principalmente, que estão sem utilização ou sendo sub-utilizados...
- V. Expansão da produção de bens de capital, pelo aumento de encomendas de equipamento, com alto teor de nacionalização, para a expansão, modernização e estabelecimento de destilarias".

Transcendendo a linguagem dos economistas, as implicações do programa do álcool são de tal alcance que, se esse método de produção de combustível for implantado em grande escala, tal como projetado, a sociedade brasileira irá passar por uma transformação substancial. Essa transformação exigirá que se reconcilie a contradição entre o uso concentrado da energia e a natureza dispersa dos recursos (sol, solo e água) que entram na produção dos combustíveis à base de álcool. Em termos gerais, o esforço envolvido na coleta e processamento desses recursos

dispersos só se torna vantajoso em relação à crescente escassez do petróleo. É mais dispendioso em termos reais (i.e., considerando a alocação dos recursos limitados da economia) produzir álcool do que importar petróleo, mesmo aos preços atuais.

A produção do álcool está sendo justificada em termos de um declínio absoluto na disponibilidade do petróleo no futuro. Porém o custo real do uso maciço de álcool poderá impor severas restrições no nível do consumo de combustível, reduzindo dessa forma a mobilidade geográfica e enrijecendo a estrutura de classes. O poder político dos usineiros de açúcar, que já é considerável, seria incrementado pela colocação de uma grande parte do abastecimento de combustível do Brasil sob seu controle. Com seu fluxo de caixa, respaldado pelos enormes subsídios governamentais, as usinas paulistas têm incorporado terras à razão de 7% por ano, durante os últimos 17 anos, tendo aumentado o quinhão das terras do Estado alocadas ao plantio da cana, de 5% no início da década de '50, para 20% nos dias atuais. A longo prazo, especialmente se mais terras marginais puderem ser utilizadas e se outros cultivos, além da cana, puderem ser empregados para a produção do álcool em grande escala, os combustíveis de origem vegetal obtidos de diferentes plantações e em diferentes regiões do País apresentarão a possibilidade, por outro lado, de uma considerável descentralização do sistema de abastecimento de combustíveis do Brasil e talvez também de uma descentralização do sistema político. De acordo com uma declaração visionária do diretor do Instituto de Desenvolvimento Industrial do Centro Aero-Espacial da Força Aérea Brasileira, no qual se vem realizando pesquisa intensiva sobre o uso de álcool e óleos vegetais como combustível:

"na realidade, haverá diferentes soluções para diferentes regiões e provavelmente a preços diferentes... Segundo as leis de dispersão dos suprimentos, haverá diferentes tipos de cultivo em lugares diferentes. Teremos 'ilhas', tipos diferentes de 'micro-regiões do álcool' cultivando babaçu, mandioca ou cana-de-açúcar. Evidentemente, no momento, o esforço será concentrado na cana-de-açúcar, para a qual já existe capacidade industrial instalada... Haverá incentivos à produção, em escala desafiadora, tal como investir 70 ou 80 bilhões de cruzeiros — em cruzeiros e não em dólares — para produzir 10 bilhões de litros, com enormes plantações de diferentes cultivos, segundo a micro-região... Evidentemente, tratando-se de um problema de natureza estratégica, de Segurança Nacional, é necessário que ao Programa Nacional do Álcool se dê um tratamento estratégico".

O programa do álcool já começou a apresentar resultados. No Estado de São Paulo, no qual — ou em torno do qual — está concentrada a maior parte da produção do açúcar, e onde se consomem dois quintos do suprimento de gasolina do País, uma mistura de 20% de álcool com a gasolina já começou a ser praticada em julho de 1971. Novas destilarias estão sendo construídas em diversos pontos do País e quase cada mês são incluídas novas cidades no sistema de distribuição de álcool, como parte do esforço de atingir uma mistura de 20% na totalidade do suprimento de combustível do País em 1980. Alguns caminhões Diesel já estão também

operando com misturas de álcool. Pequenas frotas de carros, de operação local — como as das companhias telefônicas e de eletricidade de São Paulo, Paraná, Pernambuco e a da Base Aérea de Belém — queimam apenas álcool. A cidade de São José dos Campos, onde está localizado o Centro Aero-Espacial, está comprando 20 ônibus para seus itinerários urbanos, inteiramente a álcool. O governo estabeleceu vias-piloto em diversos pontos do País, onde estão sendo realizadas experiências para produzir álcool da madeira, da mandioca e do babaçu, ao mesmo tempo que a pesquisa agrícola está tentando adaptar o sorgo-doce às condições brasileiras e aumentar a produtividade do açúcar e da mandioca. Muitos pesquisadores já concordam em que a economia da produção do álcool carburante só será otimizada quando se desenvolverem plantações de objetivos múltiplos para energia, onde instalações adjacentes possam produzir papel e metanol a partir da polpa de madeira, alimentos e combustíveis a partir da mandioca e, literalmente, dúzias de produtos, inclusive etanol e carvão metalúrgico, de uma palmeira silvestre denominada "babaçu", que cresce espontaneamente em densos bosques no Estado do Maranhão e em suas vizinhanças, no Nordeste. Acresce que, devido em grande parte aos baixos preços mundiais para as exportações brasileiras de açúcar nos últimos anos, a produção de álcool carburante a partir do açúcar está bem adiantada em relação ao cronograma.

Mas ainda há muita incerteza sobre o futuro do programa. Por um lado, a produtividade agrícola da cana-de-açúcar e da mandioca no Brasil é muito baixa. Já que a maior parcela do custo do álcool é incorrida na fase agrícola e não na fase industrial da produção, as baixas produtividades agrícolas significam a permanência dos preços elevados para o álcool. Estão sendo realizadas pesquisas em diversas frentes, no Brasil, visando aumentar a produtividade agrícola das culturas básicas para o programa do álcool, porém a maioria dos pesquisadores admitem que levará de cinco a dez anos para que o aumento de produtividade do campo chegue a um nível suficiente para influenciar os custos globais de produção. Por exemplo, embora o Brasil seja o maior produtor mundial de mandioca, essa cultura altamente amilácea de subsistência nunca foi plantada comercialmente em grande escala e os esforços já empreendidos para fazê-lo têm se defrontado com problemas agronômicos de grande monta. Além disso, novas adaptações terão de ser feitas nas refinarias de petróleo brasileiras e nas configurações de comercialização do petróleo, para evitar um super-estoque de gasolina deslocado pela produção interna de álcool. Ao mesmo tempo, as altas autoridades preocupam-se constantemente com as variações de preços do açúcar de exportação e do petróleo, especialmente depois que o custo real deste último produto tem declinado regularmente a partir da quadruplicação do preço em 1973/74. Um relatório de 1977 do Banco Mundial enunciou o problema em termos econômicos:

"O governo chamou atenção para diversas vantagens do programa do álcool, que transcendem à sua estrita função de economizar divisas. Primeiramente, o programa utilizará tecnologias brasileiras, desenvolvidas localmente, para a conversão direta do açúcar e da mandioca em álcool. Em segundo lugar, a construção de destilarias será possível sem recorrer a equipamentos estrangeiros. Os fornecedores brasileiros já têm capacidade

para produzir unidades destiladoras usando muito poucos componentes importados. Em terceiro, o programa criaria uma forte vinculação entre a indústria e a agricultura. O potencial de criação de empregos do programa é particularmente notável. Cerca de 240.000 novos empregos seriam criados pelo atingimento da meta de 1980 do programa, a maioria dos quais nas áreas rurais, onde as oportunidades de empregos são urgentemente necessitadas. Em quarto lugar, na medida em que for empregada a mandioca em vez da cana para a conversão direta em álcool, terras de baixa qualidade, sem utilização alternativas, poderão ser empregadas . . . Em quinto, já foi determinado que a poluição do ar pela combustão do álcool é apenas um décimo daquela provocada pela queima da gasolina.

Por outro lado, a substituição da gasolina pelo álcool é questionável, em termos de eficiência de custo . . . O custo atual do álcool na destilaria é de Cr\$ 3,4 por litro (US\$ 0,86 por galão) — isto é, duas vezes o custo da gasolina ou do óleo Diesel. Ademais, o preço atual do álcool poderá ser insuficiente para cobrir os custos marginais de longo prazo, já existindo uma proposta para elevar o preço para Cr\$ 5,0 por litro (US\$ 1,26 por galão). Mesmo levando-se na devida consideração as vantagens subsidiárias do álcool sobre a gasolina como combustível para transportes, a diferença de custo entre os dois produtos é grande. Segundo as perspectivas presentes portanto, pareceria que o álcool não é competitivo com a gasolina ou com o óleo Diesel como carburante. Somente se os preços internacionais do petróleo se elevarem substancialmente, acima dos níveis atuais, é que haveria justificativa econômica para a substituição pelo álcool”.

As autoridades brasileiras parecem estar divididas entre as considerações do preço de curto prazo e os objetivos estratégicos de longo prazo envolvidos no programa do álcool. Diz-se que a burocracia da Petrobrás, que tem grande força financeira e política no Brasil, através do seu controle das importações de petróleo, se opõe ao programa. Os Ministérios da Indústria e da Agricultura, apoiadas por suas bases na indústria açucareira e nos governos estaduais do Nordeste, que se deverão beneficiar bastante com os investimentos subsidiados pelo Governo federal para produção de açúcar e de mandioca, dão apoio vigoroso à expansão da produção de álcool.

Num esforço para esclarecer a confusão, o Presidente Ernesto Geisel, que dirigia a Petrobrás imediatamente antes de se tornar Chefe de Estado em 1974, declarou este ano que: “procuramos um substitutivo para o petróleo através de um programa do álcool, o qual, apesar do que dizem muitas pessoas mal informadas, está em plena execução, encontrando-se bem adiantado em relação às metas estabelecidas pelo Governo”. Na verdade, a produção brasileira de álcool cresceu de 50% entre 1976 e 1977, esperando-se que se torne mais do dobro, ou 2,5 bilhões de litros, em 1978. Esses crescimentos fenomenais, porém, se devem em grande parte à situação de depressão do mercado mundial do açúcar, que induziu o governo a produzir mais álcool e menos açúcar, com a cana desponível. Entretanto, as flutuações de ano para ano nos mercados mundiais poderão afetar muito o progra-

do esforço brasileiro pela substituição de combustíveis. Nas últimas semanas de 1977, o Ministro das Minas e Energia, Shigeaki Ueki, que foi diretor financeiro da Petrobrás quando Geisel dirigia o monopólio estatal do petróleo, disse que a produção de álcool como carburante estava em terceiro lugar nas prioridades de uso da mesma matéria-prima, vindo em seguida à exportação do açúcar quando o preço estiver suficientemente elevado e ao atendimento da indústria química interna. O mesmo tipo de raciocínio é válido para o uso do álcool como matéria-prima para indústria química, para utilização como combustível ou para exportação (como açúcar), disse Ueki: "se uma tonelada de álcool no mercado mundial valesse US\$ 250 e a gasolina valesse US\$ 220 para o mesmo equivalente de energia, é evidente que venderíamos mais em exportar o álcool do que em consumi-lo internamente". Mais recentemente, numa entrevista com o autor, o Ministro da Fazenda, Mário Henrique Monson, falou mais taxativamente das intenções do governo: "Nós não sabemos haverá outra crise em meados da década de '80, mas temos de estar preparados se surgir alguma coisa. O programa do álcool, assim, tem sentido por motivos estratégicos. É uma apólice de seguro. Se se concretizar outra crise, o programa atual se constituirá num exercício importante para a substituição do petróleo. Planejamos ar numa mistura de 20% após 1980, mas teremos desenvolvido a infra-estrutura e a tecnologia necessárias para ir adiante nos próximos dez anos, se surgir uma nova crise".

Para usar com êxito os suprimentos de energia fotossintética em outra crise do petróleo, o Brasil terá de realizar uma transição dramática, passando do seu papel de um dos mais ávidos importadores de tecnologia estrangeira no pós-guerra, para o de um inovador firmado em seus próprios pés. As inovações terão de vir principalmente das áreas da produtividade agrícola, da logística e da coerência política, sob condições culturais e ecológicas que não se prestam prontamente para simples reparos tecnológicos. Novos sistemas de transporte teriam de ser desenvolvidos, para maximizar o potencial hidrelétrico e fotossintético do Brasil. Por exemplo, poderá ser mais eficiente para o Brasil desenvolver sistemas de transporte por caminhões elétricos, usando cargas containerizadas, ao longo de suas principais artérias rodoviárias, bem como esticando o alcance de quilometragem de combustíveis a nível através de uma rápida incorporação, à sua frota de automóveis e caminhões, aperfeiçoamentos radicais no campo do projeto de motores, ora em desenvolvimento na Europa. Só uma situação nova, que envolva a interrupção ou a exaustão do fornecimento de petróleo, ou um corte drástico nos atuais níveis de consumo, fará o Brasil a procurar um curso não previsto no rumo de um novo tipo de economia energética, na qual poderá desfrutar de uma vantagem comparativa excepcional. Em vista do ineditismo da situação, é difícil prever qual o tipo de adaptação, se é que existe alguma, que advirá. Entretanto, qualquer uso bem sucedido de seus recursos fotossintéticos não apenas poderá fazer o Brasil amplamente auto-suficiente em abastecimento energético como também poderá ter uma influência no mundo cujo alcance se estenderá muito além dos amplos horizontes formados pelas fronteiras dessa nação continental.

A Arca de Noé continuará à tona, mas para fazê-la flutuar a humanidade terá de desenvolver novas formas de organização.