

O ETANOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL

Rogério Cerqueira Leite¹
Luís Augusto Barbosa Cortez²

Antecedentes

O etanol produzido de cana-de-açúcar surgiu, no Brasil, basicamente por duas razões: a necessidade de amenizar as sucessivas crises do setor açucareiro e a tentativa de reduzir a dependência do petróleo importado. Nesse sentido, no início do século XX, ocorreram as primeiras ações de introdução do etanol na matriz energética brasileira. Em 1925, surgiu a primeira experiência brasileira com etanol combustível. Em 1933, o governo de Getúlio Vargas criou o Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA e, pela Lei nº 737, tornou obrigatória a mistura de etanol na gasolina.

Em 1975, foi lançado o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), cujo objetivo maior era a redução da dependência nacional em relação ao petróleo importado. Naquele momento, o Brasil importava, aproximadamente, 80% do petróleo consumido, o que correspondia a cerca de 50% da balança comercial. Àquela época, ainda não havia a percepção da influência da emissão de CO₂ durante a queima de combustíveis

¹Doutor em Física. Professor emérito do Instituto de Física e Diretor do Instituto de Artes da Unicamp. Vice-presidente da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz). Presidente do Conselho de Administração do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron.

² Doutor em Engenharia Agrícola. Atua nas áreas de energia de biomassa e tecnologia de refrigeração. Coordenador de Relações Internacionais e Institucionais da Unicamp.

fósseis no bem-estar da humanidade. Embora cientistas já viessem alertando o público e os governos quanto às consequências do aumento da densidade de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, nenhum país adotou qualquer medida restritiva.

DURANTE A SEGUNDA
METADE DA DÉCADA
DE 80, INICIOU-SE
NOVO PERÍODO, SEM
SUBSÍDIOS, QUANDO
O GOVERNO TENTOU
DIMINUIR SEU
PAPEL NO SETOR.

Apesar dos aumentos sucessivos do preço internacional do petróleo, o etanol não era economicamente competitivo, exigindo subsídios para sua penetração no mercado nacional. Esses incentivos duraram, basicamente, até o fim do regime militar, em 1984. Durante a segunda metade da década de 80, iniciou-se novo período, sem subsídios, quando o Governo tentou diminuir seu papel no setor. Em 1990, durante o governo Collor, extinguiu-se o IAA e os subsídios à produção de açúcar foram retirados. O Brasil passou a ser um grande exportador de açúcar.

Antecedentes recentes e situação presente

No início do século XXI, o Brasil possuía um setor sucroalcooleiro muito forte e competitivo. Isso foi possível graças a constante esforço de garantir o mercado interno do etanol e de ganhar novos mercados de açúcar. Todavia, foi a partir de 2003, com os veículos *flex-fuel*³, que o setor ganhou novo impulso.

³ A tecnologia dos veículos *flex-fuel* foi inicialmente desenvolvida nos EUA a partir da Corporate Average Fuel Economy (CAFE) nos EUA. Estes veículos admitem operar com qualquer porcentagem de etanol na mistura combustível. <http://www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/cafe/overview.htm>

Com significativa contribuição do etanol, o Brasil logrou alcançar – embora talvez provisoriamente – autonomia quanto a combustíveis líquidos. Além do mais, devido, por um lado, à impressionante redução de custos de produção do etanol (cerca de 70%) e, por outro, ao aumento do preço internacional do petróleo, tornou-se este biocombustível altamente competitivo em relação à gasolina, tanto no mercado interno, quanto no externo.

Bastaria esse cenário para que se tornasse incontornável a expansão da produção do etanol. Aliás, são esses dois fatores, redução dos custos de produção e aumento dos preços internacionais do petróleo, que, por si sós, mobilizaram os inúmeros novos empreendimentos verificados nesses dois últimos anos. Às cerca de 360 usinas existentes deverão, em breve, ser adicionadas outras 120, sendo metade em ampliações e o restante em novas destilarias.



JÁ ESTÁ EM GESTAÇÃO
UMA TRANSFORMAÇÃO
NAS MOTIVAÇÕES
DA DEMANDA DE
COMBUSTÍVEIS EM
QUE O ELEMENTO
DECISIVO SERÁ A
SUSTENTABILIDADE.

Todavia, já está em gestação uma transformação nas motivações da demanda de combustíveis em que o elemento decisivo será a sustentabilidade. Sob esse aspecto, o fator preponderante será a emissão de gases de efeito estufa. Outro fator importante é a crescente convicção de que o pico da produção de petróleo deverá ocorrer dentro de 10 a 20 anos, quando a produção não seria mais capaz de atender à demanda.

O que veremos, portanto, é a demanda e a produção futuras serem mediadas, inicialmente, por imposições relativas à sustentabilidade. Em uma segunda etapa, contudo, determinada pelo início do declínio da produção de petróleo, serão tais exigências neutralizadas, pelo menos parcialmente, pela necessidade de outras formas de energia.

Aquecimento global

Não obstante este período inicial de alerta ambiental esteja sendo gerado no exterior, em certa medida, por interesses protecionistas, encerra, também, preocupações legítimas com o porvir da humanidade e, por isso, deve ser aproveitado como uma oportunidade concreta para alcançar níveis adequados de qualidade de produção e de sustentabilidade. Se o combate ao aquecimento global deve ser a tônica dominante nos próximos anos, é fundamental a compreensão do potencial do etanol para esse propósito.

Redução das emissões

Há três formas básicas de combate ao efeito estufa:

a) Seqüestro e contenção de dióxido de carbono (CO₂) e de outros GEE

Há dois roteiros tecnológicos distintos possíveis.

O primeiro consiste da captação dos GEEs, principalmente CO₂, na atmosfera e subsequente armazenamento ou fixação como matéria densa. Não parece, até agora, economicamente viável.

O segundo esquema, captação do CO₂ no local de sua emissão, tem algum potencial, pelo menos para aplicação em usinas que apresentam emissão com grande densidade. Vários esquemas de contenção estão sendo testados, como armazenamento em poços extintos de petróleo, em grutas e outras anomalias geológicas e dissolução em aquíferos salinos.

Para todos esses esquemas, entretanto, existem custos energéticos e financeiros imprevisíveis, pois dependem da distância entre usinas e locais de contenção e dos meios possíveis de transporte do gás. Certamente, algumas configurações se tornarão economicamente viáveis no médio e longo prazos. Todavia, a menos que ocorra alguma descoberta científica revolucionária, a captação de CO₂ em veículos não parece ser facilmente alcançável, mesmo no longo prazo, e essa é a fonte responsável pela maior parte do consumo de petróleo.

b) Conservação

É, certamente, uma opção altamente conveniente. Melhor que captar CO₂ e outros gases de efeito estufa seria não os emitir. Essa solução não é viável em grande escala dentro

das condições dinâmicas da sociedade atual, mas é possível, certamente, como medida parcial. Consideremos os meios de transporte disponíveis para o cidadão: a bicicleta, o coletivo (metrô, ônibus, trem etc), o carro pessoal, o veículo de tração nas quatro rodas robusto (*Sport Utility Vehicle - SUV*) etc. Essas opções estão em ordem crescente de dispêndio de energia. Assim, se o cidadão deixa o carro em casa e toma o metrô para ir ao trabalho ou, melhor ainda, a bicicleta, ele estará contribuindo decisivamente para o combate ao efeito estufa. E lembremos haver quase um bilhão de carros de passeio em todo o mundo. Se, por outro lado, o cidadão prefere um *SUV*, estará contribuindo culposamente para o aquecimento global. Há uma infinidade de esquemas simples e complexos, baratos e caros, para economizar energia que, embora sejam financeiramente atraentes, não são adotados em medida satisfatória. E a razão é de ordem cultural. Ainda não estamos convencidos de que “tostão a tostão, se faz um milhão”.

OS ÚNICOS ENERGÉTICOS
LIMPOS CAPAZES
DE SUBSTITUIR
ADEQUADAMENTE OS
DERIVADOS DE PETRÓLEO
SÃO AQUELES OBTIDOS A
PARTIR DE BIOMASSA.

c) Substituição por combustível alternativo renovável a partir de biomassa

Os únicos energéticos limpos capazes de substituir adequadamente os derivados de petróleo são aqueles obtidos a partir de biomassa. Isso ocorre porque a biomassa seca contém cerca de metade da quantidade de energia contida na mesma massa de petróleo.

Vários são os possíveis combustíveis derivados de biomassa. De um ponto de vista estrito, temos três categorias fundamentais:

- plantas lignocelulósicas, que podem fornecer etanol, metanol e outros álcoois ou, alternativamente, um gás

dito pobre, de poder calorífico intermediário, obtido por meio de um processo térmico;

- plantas oleoginosas, que, além de produzir materiais ligno-celulósicos, também processam óleos;
- muitas plantas que produzem açúcar ou amido podem ser facilmente transformadas em etanol, ou outro combustível, por ação de microorganismos chamados fermentos. A fermentação é um processo natural frequente que ocorre de modo espontâneo. Desde tempos imemoriais, o homem vem usando a fermentação para produzir álcool de frutas e de cereais. Atualmente, em processos comerciais, o etanol é produzido da cana-de-açúcar, do milho, da beterraba e do sorgo e, experimentalmente, de muitas outras frutas, tubérculos, cernes etc. Após a fermentação, o álcool é obtido com uma concentração de 10 a 14%, sendo necessária uma destilação fracionada.

O etanol de 1ª geração

Há duas razões principais por que o álcool de cana-de-açúcar é muito superior a qualquer outro biocombustível produzido em larga escala atualmente:

a) A produtividade

A quantidade de biomassa produzida por unidade de área é, para a cana, significativamente superior do que para qualquer outro vegetal, seja ele cultivado ou não como biomassa energética. Também a quantidade de biocombustível produzida por unidade de área, dentro dos limites das tecnologias



atuais, é bastante superior à de qualquer outra cultura. Uma das conseqüências importantes dessa característica é a contribuição para o menor custo de produção devido à menor extensão de terra para a mesma produção;

b) O ciclo de vida (ou balanço energético)

A razão entre a energia obtida e a energia total utilizada para produzi-la é muito maior para o álcool de cana do que para qualquer outro biocombustível. Embora ainda frequentemente citada na literatura não especializada, o valor de 3,1 a 3,9 é absurdo. Resultou de trabalho em que, dentre outros erros, foram adotados gastos de combustível fóssil (Diesel) pelo menos dez vezes superior ao real. O valor internacionalmente reconhecido hoje está entre 8,2 e 10,5. Em contraste, está o álcool de milho, produzido nos EUA e responsável por mais de um terço do consumo mundial, que tem como ciclo de vida algo entre 1,0 e 1,4, de acordo com diferentes

avaliações. A mais recente e, possivelmente, mais confiável estimativa (feita pelo *American Institute of Biological Sciences*) é 1,1 isto é, obtém-se apenas 10% a mais de energia na forma de álcool do que a que se consome como energia fóssil. Essa alternativa, portanto, contribui de maneira insignificante para o combate ao efeito estufa. Sua utilidade é apenas no que diz respeito à poluição em centros urbanos densos, uma vez que será o etanol e não o fóssil que será queimado nas grandes cidades. E, também nesse aspecto, é o álcool muito menos poluente que os fósseis. A beterraba, usada na Europa, sob tal perspectiva, também é pouco recomendável, pois seu ciclo de vida é de aproximadamente 2. Com a exceção do óleo de palma, que tem, para esse parâmetro, um valor próximo a 5, as demais opções, tanto para a produção de biodiesel como para a de etanol, não supera a marca de 3 para o ciclo de vida, dentro dos limites das tecnologias atualmente em uso. Esta é uma das razões por que os respectivos custos de produção ainda estão muito acima daqueles do etanol de cana.

Todavia, o desenvolvimento genético da matéria-prima e os processos de produção de muitas das opções para o biodiesel ainda não passaram por um “aprendizado”, período em que tecnologias são ajustadas de maneira a reduzir os custos de produção, como já ocorreu com o etanol, tanto de cana como de milho e de beterraba. Também é o caso do biodiesel de soja, que já teve sua curva de aprendizado percorrida e, muito provavelmente, não mais terão reduzidos, de modo apreciável, seus custos de produção, devido principalmente à produtividade e ao ciclo de vida, que são extremamente baixos.

O etanol de segunda geração

A fermentação é o processo pelo qual microorganismos (fermentos) convertem açúcar ou amido em etanol.

Parte considerável de um vegetal, entretanto, não é nem açúcar, nem amido, mas fibras, que não podem ser digeridas pelos fermentos tradicionais. Para a cana, 2/3 de sua massa é fibra biomassa não fermentável, e muitas plantas quase não detêm açúcar ou amido. Ou seja, dois terços da biomassa, no caso da cana, não são aproveitados para a conversão para etanol.

Especialistas vêm, entretanto, nestas últimas duas ou três décadas, tentando desenvolver uma série de tecnologias denominadas “hidrólise”, que permitam converter a fibra (materiais ligno-celulósicos) em etanol. Essas tecnologias permitiriam aumentar, em princípio, a produção de etanol de cana, com a mesma área plantada, em 200%, devido ao aproveitamento do bagaço e da palha. Também, em princípio, seria

possível aproveitar qualquer cultura ou rejeito vegetal. Os EUA têm um projeto que pretende substituir 30% de seu consumo de gasolina por etanol derivado da hidrólise de refugo vegetal e florestal, que, atualmente, são dispostos como lixo.

Estas novas tecnologias, entretanto, muito provavelmente não estarão disponíveis para uso comercial antes de dez anos. E, embora possam vir a aumentar a competitividade de outras culturas, certamente não serão suficientes para alcançar o rendimento da cana, que também se beneficiará dessas inovações.

Além do mais, o Brasil dispõe de uma área adequada para o cultivo de cana que não é ocupada por floresta,

Os EUA TÊM UM PROJETO QUE PRETENDE SUBSTITUIR 30% DE SEU CONSUMO DE GASOLINA POR ETANOL DERIVADO DA HIDRÓLISE DE REFUGO VEGETAL E FLORESTAL, QUE, ATUALMENTE, SÃO DISPOSTOS COMO LIXO.

cultura agrícola ou qualquer habitat protegido, cuja extensão equivale a 100 vezes (300 milhões de hectares) da que, atualmente, se usa para a produção de álcool (3 milhões de ha). Uma parcela foi ou é ocupada por pastagens extensivas. O Brasil pode, portanto, prover a humanidade com um combustível limpo e renovável para a substituição de fósseis contribuindo, assim, para o combate ao aquecimento global de maneira decisiva, tendo como benefício colateral, o próprio desenvolvimento econômico.

Uma oportunidade para o etanol brasileiro

Há pouco mais de dois anos, iniciou-se, no Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE), da Unicamp, um estudo visando à expansão da produção do álcool no Brasil de maneira a substituir 10% da gasolina no mundo em 2025, ou seja, uma produção anual de 200 bilhões de litros.

Mercado

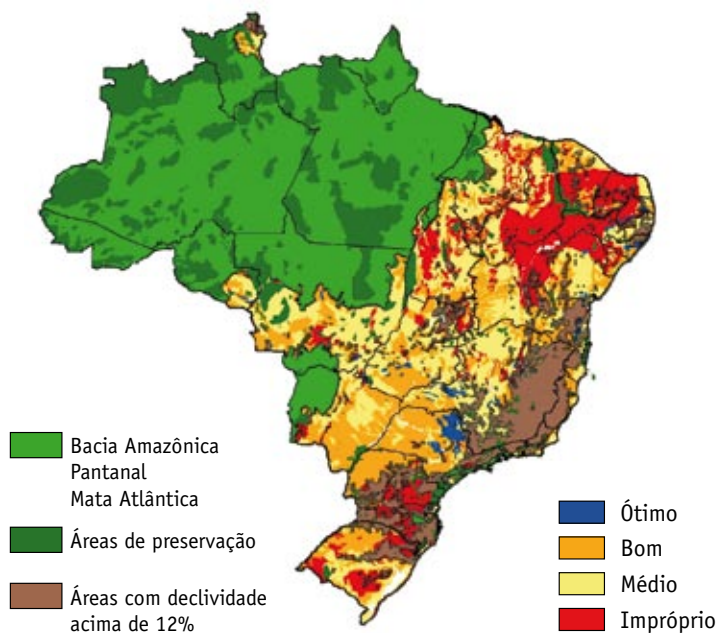
Normas e legislações da grande maioria dos países já prevêem uma substituição em torno de 10% para datas anteriores a 2025. A convicção crescente de que anomalias climáticas deverão aumentar em intensidade e em frequência exercerá pressões incontornáveis para a substituição de combustíveis fósseis por renováveis. Ademais, há o fato inquestionável de que as produções de petróleo e de gás natural estarão, a primeira, em uma década e a segunda, em duas, ultrapassando seu momento de apogeu e iniciando o de declínio.

Capacidade de produção

Excluindo todas as áreas, protegidas ou não, cobertas por mata ou que sejam consideradas ecologicamente frágeis; excluindo, não apenas as áreas com declive inadequado para agricultura mecanizada, mas também aquelas que estão sendo utilizadas para agricultura, seja ela para a produção de alimento ou não, foi avaliado todo território nacional quanto ao potencial de produtividade da cana-de-açúcar. Levando-se em consideração qualidade de solo, pluviometria e declividade, foram identificadas, quanto à produtividade (alta, boa, média), sem irrigação, aproximadamente 271 milhões de hectares e, com irrigação, 30 milhões de ha a mais, principalmente nas regiões do Centro-oeste (60%) e do Nordeste (40%). Para a expansão proposta, dentro dos limites da atual tecnologia, seriam necessários menos de 10% da área disponível.



Potencial para produção de cana-de-açúcar sem irrigação



Logística

Custos de escoamento da produção podem tornar-se proibitivos. Analisadas todas as possibilidades, foram selecionadas duas opções que aumentam a competitividade do etanol brasileiro expressivamente: a concentração da produção em *clusters* e o transporte por “alcooldutos”. O *cluster* (15 usinas, em média) permite a otimização da logística. Essas agregações de usinas são, por sua vez, combinadas em áreas que congregam uma população de 200 mil habitantes, o que torna viável uma série de aparelhos de interesse social, tais como hospitais, escolas e centros de lazer.

Sustentabilidade

AINDA QUE O OBJETIVO CENTRAL DO USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO MUNDO SEJA A REDUÇÃO DE EMISSÕES DE GEE, É IMPERATIVO QUE, À MONTANTE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO, OS IMPACTOS AMBIENTAIS SEJAM OS MENORES POSSÍVEIS.

Todas as opções do programa visam à sustentabilidade. As tecnologias de cogeração, de aproveitamento integral do bagaço e da vinhaça, e de escoamento da produção por alcooldutos são todas conservadoras de energia.

Ainda que o objetivo central do uso de biocombustíveis no mundo seja a redução de emissões de GEE, é imperativo que, à montante do processo de produção, os impactos ambientais sejam os menores possíveis. Nesse sentido, o estudo realizado pelo NIPE visou a avaliar os impactos ambientais da substituição de 10% da gasolina a ser consumida no mundo em 2025.

Impactos socioeconômicos

As conseqüências econômicas da expansão proposta foram estudadas com auxílio de uma técnica matemática, matriz insumo-produto, e avaliadas para 40 setores da economia nacional para cada região afetada.

Impactos das novas tecnologias

Em uma segunda fase, foi analisada a inserção progressiva em destilarias existentes do Etanol de 2ª geração, o etanol produzido a partir de materiais lignocelulósicos, no caso o bagaço e a palha.

Esse projeto é complementado por outro estudo, sob a mesma coordenação, que versa sobre a tecnologia de hidrólise enzimática, o mais promissor dos processos de produção do etanol de segunda geração. Conta com 120 pesquisadores em 15 universidades brasileiras, 4 institutos de pesquisas e com o apoio de empresas brasileiras de grande porte e de várias universidades no exterior.