

DEPARTAMENTO de POLÍTICA CIENTÍFICA e TECNOLÓGICA

TEXTOS PARA DISCUSSÃO

Nº 13

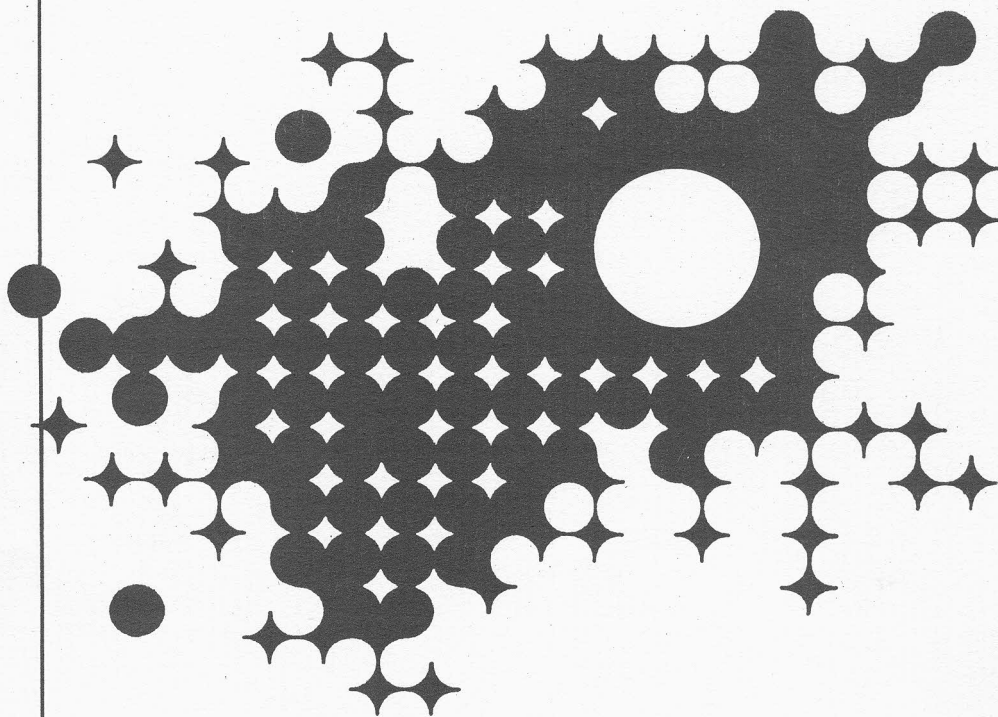
**"Efeitos e desafios das novas tecnologias
agroindústria canavieira"**

Tamás Szmrecsányi

DPCT/IG/UNICAMP

1993

**Instituto
de Geociências**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

Reitor: Carlos Vogt

Vice-Reitor: José Martins Filho

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG

Diretor: Celso Pinto Ferraz

DEPARTAMENTO DE POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - DPCT

Chefe: André Tosi Furtado

TEXTOS DIDÁTICOS

Responsável: Ruy de Quadros Carvalho

SUMÁRIO

O trabalho reproduzido a seguir insere-se num projeto de investigação relativo às Perspectivas de Desenvolvimento da Agroindústria Canavieira numa Era de Rápida Mudança Tecnológica, no qual tenho trabalhado nestes últimos anos. Ele traz os resultados de um estágio de seis meses na França, entre setembro de 1991 e março de 1992, durante o qual, tive a oportunidade de realizar levantamento sistemático e abrangente da bibliografia e da documentação disponíveis sobre o tema em alguns dos principais centros de pesquisa daquele país.

O projeto em questão abrange seis tópicos fundamentais e inter-relacionados: (1) a crescente concorrência ao açúcar nos mercados de adoçantes; (2) a demanda do álcool como combustível e como matéria-prima; (3) as várias e possíveis utilizações de outros sub-produtos da cana-de-açúcar; (4) as estratégias dos grandes grupos econômicos envolvidos no setor; (5) as ações e intervenções dos diversos governos e organismos internacionais e (6) os efeitos e desafios das novas tecnologias. Tomando os cinco primeiros como pano de fundo, procurei concentrar minha atenção neste último tópico.

Devido ao privilegiamento do progresso técnico, o estudo realizado na França deixou de lado momentaneamente os aspectos específicos à situação brasileira, direcionando a análise para as tendências econômicas mais gerais e de longo prazo. Uma dessas tendências refere-se à mudança das condições de mercado do açúcar, um produto que, nas últimas décadas, deixou de ser no mundo todo um gênero alimentício de consumo direto e de primeira necessidade, para transformar-se, cada vez mais, numa matéria-prima industrial passível de substituição por outras matérias-primas eventualmente mais baratas e melhor ajustadas às necessidades da produção em que ele entra como insumo.

Características semelhantes podem ser detectadas em relação ao álcool, um produto que ainda não possui mercados internacionais organizados e cuja fabricação e comercialização em larga escala se limitam, por enquanto, a algumas poucas regiões do mundo - notadamente o Brasil, os EUA e a Europa Ocidental. Além de ser obtível de várias matérias-primas alternativas, o álcool vegetal ou bioetanol é um produto de fácil substituição por diversos homólogos sintéticos derivados do petróleo, do gás natural ou do carvão, todos mais baratos do que ele.

Partindo da conceituação das chamadas "novas tecnologias", e mais particularmente das biotecnologias, este relatório analisa sucessivamente: (a) os fatores responsáveis pela expansão dos produtos alternativos ao açúcar e ao álcool de cana e de beterraba; (b) as atividades da agroindústria canavieira mais suscetíveis às inovações biotecnológicas; e (c) as limitações e os dilemas da sucroquímica e da alcoolquímica.

A solução dos atuais problemas do setor-sucroalcooleiro não reside em frágeis reservas de mercado, mas no aumento dos investimentos em pesquisas para promover o progresso técnico no referido complexo agroindustrial. Tais investimentos, no entanto, deixarão de ter os efeitos desejáveis se não forem precedidos ou acompanhados de mudanças na organização da produção e na repartição de seus custos e benefícios.

EFEITOS E DESAFIOS DAS NOVAS TECNOLOGIAS NA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA¹

Tamás Szmrecsányi

	Pág
Introdução	2-6
I - Principais Causas da Expansão dos Produtos Alternativos	7-13
II - Atividades Agroindustriais Suscetíveis às Inovações Biotecnológicas	14-22
III - Limitações e Dilemas da Sucroquímica e da Alcoolquímica	23-27
Notas e Referências Bibliográficas	28-35

¹ Versão revista de relatório apresentado em março de 1992 no contexto do Convênio CAPES-COFECUB. O autor agradece o apoio que lhe foi dado pelo LEREP (Laboratoire d'Études et de Recherches en Economie de la Production) da Universidade de Toulouse, particularmente por seu coordenador, Prof. Alain Alcouffe, e pelo Deptº de Política Científica e Tecnológica da UNICAMP, através do Prof. Sérgio L.M. Salles Fº, que também fez uma leitura cuidadosa da versão anterior, propondo importantes correções e apresentando valiosas sugestões para melhorá-la. Nem todas chegaram a ser incorporadas no texto que segue, cujas inconsistências remanescentes são de minha inteira responsabilidade.

A partir da década de 1970, começou a vigorar em diversos países o termo novas tecnologias para designar os elementos mais importantes da transição ora em curso para novos padrões de desenvolvimento sócio-econômico, científico e técnico. Trata-se de uma denominação genérica e de âmbito mundial, que abrange tanto inovações conceituais e/ou metodológicas em atividades e disciplinas já existentes, como produtos, processos e conhecimento inteiramente novos. Um bom exemplo dessa mistura pode ser observado na modalidade que aqui nos interessa mais de perto, das biotecnologias.

O uso desse vocábulo no plural, adotado por numerosos autores ⁽¹⁾, não se deve apenas à possibilidade da sua aplicação a diversos âmbitos setoriais (agricultura, indústria, saúde pública, etc), mas também e, principalmente, ao fato de nele se incluírem conhecimentos e técnicas que foram se incorporando às atividades produtivas ao longo do tempo. Ele tende a abranger, com efeito, tanto as antigas e convencionais técnicas de fermentação e de enzimologia que compõem a chamada biotecnologia tradicional; como outras, mais complexas e mais recentes, derivadas dos avanços em biologia celular e na manipulação das enzimas, que configuram a biotecnologia moderna, posterior à Segunda Guerra Mundial; como ainda as últimas conquistas da biologia molecular, da imunologia contemporânea e da engenharia genética, que deram origem à nova biotecnologia, ou biotecnologia de terceira geração, dos anos setenta para cá. ⁽²⁾

Este trabalho procura aferir o impacto que essas conquistas e aplicações das biotecnologias vêm tendo sobre o desenvolvimento recente da agroindústria canavieira, bem como as alternativas que elas abrem à solução dos seus atuais e futuros problemas. Com vistas a atingir esse duplo objetivo, a análise aqui empreendida e a avaliação que dela deriva não se restringem apenas aos produtos, co-produtos e subprodutos da cana-de-açúcar, mas envolvem igualmente os sucedâneos dos mesmos, oriundos de outros ramos industriais, que concorrem com a agroindústria canavieira nos seus vários mercados, assim como os próprios segmentos demandantes de todos estes produtos intersubstituíveis.

Começando por esses últimos, pode-se identificar de saída: (a) os mercados, hoje em dia basicamente industriais, dos produtos adoçantes, que compreendem os ramos produtores de alimentos, bebidas, rações para alimentação animal, produtos químicos e farmacêuticos, etc.; (b) os mercados do álcool, tanto como combustível quanto como matéria-prima ou insumo industrial; e (c) os mercados industriais para o bagaço, o melaço, e outros subprodutos e derivados da fabricação de açúcar e/ou de álcool. A ênfase na caracterização

industrial de todos esses mercados nos parece fundamental, visto que o próprio açúcar —para não falar dos demais produtos e subprodutos da cana (ou da beterraba)— deixou de constituir nas últimas décadas um simples bem de consumo direto, de primeira necessidade e de difícil substituição, para transformar-se, cada vez mais, num produto intermediário e num insumo para a indústria de transformação.⁽³⁾

Nesse sentido, é importante distinguir pelo menos três estágios sucessivos na transformação dos produtos agroindustriais: (i) o beneficiamento das matérias-primas, usualmente efetuado no, ou junto ao, setor agropecuário; (ii) a elaboração de produtos intermediários, como é o caso atualmente da maior parte da produção agroindustrial canavieira; e (iii) a fabricação de produtos de uso final —ou seja, dos alimentos e demais produtos industrializados consumidos nas sociedades contemporâneas.⁽⁴⁾

Igual relevância deve ser atribuída à distinção entre as agroindústrias convencionais ou tradicionais do tipo extrativista —como é o caso das que produzem açúcar e/ou álcool, tanto de cana como de beterraba — e a moderna indústria agroalimentar, voltada para a transformação de matérias-primas previamente elaboradas e baseadas em processos produtivos tecnicamente mais complexos de natureza bioquímica e/ou biotecnológica. Essa distinção, que aparece claramente em produtos como os óleos vegetais de um lado, e seus derivados como a margarina do outro⁽⁵⁾, aplica-se também à comparação das agroindústrias acima referidas com as indústrias produtoras de adoçantes e/ou etanol a partir do amido de milho, que são tecnologicamente mais avançadas e mais eficientes.⁽⁶⁾ Não constitui uma mera coincidência o fato deste ramo industrial ser dominado por algumas poucas e grandes empresas multinacionais⁽⁷⁾, enquanto que as indústrias açucareira e alcooleira, tanto de cana como de beterraba, continuam via de regra em mãos de numerosas empresas nacionais de pequeno e médio porte.

Dentro dessa mesma perspectiva, parece completamente dispensável tentar contrastar o referido ramo agroindustrial —que, no caso do Brasil, é muito mais agrário do que industrial⁽⁸⁾ — às indústrias químicas e farmacêuticas que produzem os adoçantes sintéticos, e que igualmente tendem a ser controladas por algumas poucas empresas multinacionais de grande porte. Isto para não falar das empresas petrolíferas e petroquímicas, responsáveis a nível nacional, e até mundial, pela produção dos combustíveis e aditivos que se tem pretendido substituir pelo álcool de origem vegetal. As poucas empresas multinacionais que militam na agroindústria açucareira e/ou alcooleira —como a Ferruzzi ou a Tate & Lyle, e

algumas companhias norte-americanas e japonesas — logo se aperceberam dessas diferenças de escala e de densidade de capital, e rapidamente procuraram diversificar suas atividades, deixando de operar apenas naqueles ramos, e passando a dedicar-se igualmente à produção e comercialização dos adoçantes e combustíveis derivados do amido de milho e até dos próprios edulcorantes sintéticos.

A distinção que aqui estamos enfatizando não tem apenas uma importância prática, mas também coloca em questão, ao nível teórico, a consistência e a relevância analítica de noções consagradas da literatura especializada, como as dos setores (ou *filières*) e dos complexos agroindustriais. Isto, aliás chegou a ser percebido, em parte pelo menos, até por um adepto do uso do segundo desses conceitos, como John Wilkinson, que, no seu trabalho referido há pouco, parte da configuração (muito mais plausível) de um sistema agroalimentar constituído por três vertentes: I. o setor agropecuário e as indústrias produtoras de insumos a seu montante; II. a agroindústria processadora primária (ou extrativa) de alimentos e matérias-primas; e III. a moderna indústria alimentar propriamente dita, processadora de produtos finais e também de alguns intermediários tecnologicamente mais complexos.⁽¹⁰⁾

Retornando, porém, à prática, cumpre verificar, com base na literatura disponível, em que consistem a moderna e a nova biotecnologia, e quais os efeitos que elas têm provocado no cultivo da cana-de-açúcar e nos diversos ramos industriais que aqui nos interessam mais de perto. Uma primeira constatação neste particular é a de que, até o momento, os impactos da biotecnologia contemporânea têm sido maiores e mais importantes na indústria do que na agricultura. Enquanto nesta última suas repercussões têm sido por enquanto modestas e limitadas, no setor industrial, as biotecnologias têm tornado possível, não apenas uma maior intersubstituição no campo das matérias-primas orgânicas, e entre estas e as inorgânicas, mas também o surgimento de processos e produtos inteiramente novos, qualitativamente superiores aos já existentes e mais baratos do que estes. Um dos melhores exemplos dessa dupla contribuição encontra-se precisamente, como veremos daqui a pouco, no desenvolvimento da isoglucose de milho e de edulcorantes sintéticos como o aspartame.

Nunca é demais realçar as transformações que isso tem gerado nos mercados, nacionais e internacionais, de produtos como o açúcar, bem como as consequências que daí advieram para as empresas agrícolas e industriais que os produzem, e para os próprios níveis setoriais e regionais de renda e de emprego. Na verdade, as mudanças cuja ocorrência

estamos atualmente observando integram-se num amplo e profundo movimento de adequação da base de recursos naturais às necessidades da produção industrial dos países econômica e tecnologicamente mais desenvolvidos. Trata-se de um redirecionamento das atividades econômicas sem precedentes em épocas históricas anteriores, de um ajuste que vem tendo grandes e intensas repercussões nas economias menos desenvolvidas, principalmente naquelas que dependem mais diretamente da exportação de produtos primários para a manutenção, não apenas de sua capacidade de importar, mas até do seu próprio nível geral de atividades.⁽¹¹⁾

Isso se dá porque, através da biotecnologia industrial, aumentou a possibilidade de fracionar os produtos agropecuários em seus componentes fundamentais (carboidratos, proteínas e lipídios), de processar esses componentes isoladamente, e de recombiná-los de acordo com mecanismos e conveniências específicas. Essa possibilidade tem contribuído, segundo vários autores, para promover uma crescente desvinculação entre os produtos agropecuários de origem e as características de utilização que lhes eram atribuídas até então, assim como para gerar o surgimento de um potencial, também crescente, de substituir determinadas matérias-primas de origem vegetal e animal por produtos de origem tipicamente industrial.⁽¹²⁾ Com isso estão desaparecendo, ou terão que ser radicalmente redefinidas, as fronteiras tecnológicas preexistentes entre os diversos ramos e setores de atividade econômica.⁽¹³⁾

Num plano mais geral, as biotecnologias podem ser definidas como conjuntos de técnicas (citológicas e moleculares, genéticas e químicas) que possibilitam a manipulação e a transformação de seres vivos (através dos seus microorganismos) para fins industriais e comerciais. Junto com a energia nuclear e a informática, a nova biotecnologia de nosso tempo, situada na confluência da biologia molecular e da moderna bioquímica, tem sido vista por alguns como a terceira, e mais recente, revolução científica e tecnológica do século XX.⁽¹⁴⁾ Sua importância econômica e social, proveniente do número e da diversidade de suas possíveis aplicações, já foi devidamente assimilada e incorporada à prática de muitas empresas multinacionais, traduzindo-se, no mínimo, na consignação de muitos milhões de dólares à montagem e ao custeio de laboratórios especializados, bem como à execução de programas de pesquisa básica e aplicada no campo das biotecnologias.

Três das quatro áreas fundamentais das biotecnologias contemporâneas (de segunda e de terceira geração) tem se revelado amplamente aplicáveis à produção agroindustrial e alimentar. Trata-se da recombinação genética, das modernas técnicas de

fermentação e da chamada engenharia enzimática. A quarta, do cultivo de células e de tecidos celulares, poderá vir também a assumir uma grande importância nas atividades agropecuárias.⁽¹⁵⁾ Amostras do que a biotecnologia industrial é capaz de realizar em termos econômicos podem ser encontradas tanto no desenvolvimento dos adoçantes derivados do amido de milho —particularmente da isoglucoose ou HFCS (high fructose corn syrup)— quanto no de certos edulcorantes sintéticos como o aspartame e o seu principal competidor, o acesulfame-K.

Antes de examinar mais de perto a trajetória desses produtos, convém chamar a atenção para o fato de que o desenvolvimento tecnológico só raras vezes chega a refletir-se direta e imediatamente no desenvolvimento industrial. Por causa disso, é importante estabelecer uma distinção entre o progresso técnico de um lado e o desenvolvimento tecnológico do outro. Este último se dá essencialmente no plano dos conhecimentos científicos e técnicos aplicáveis à produção (know-how ou savoir-faire) e por isso tende a preceder o primeiro, sem se incorporar necessariamente ao processo produtivo, enquanto que o progresso técnico propriamente dito só se materializa a partir do momento em que essa integração ocorre. A defasagem cronológica que, na maioria das vezes, separa esses dois momentos pode ser devida a vários fatores e serve inclusive para explicar por que, até agora, tem sido relativamente lenta a difusão das biotecnologias no setor agrícola, não obstante as grandes potencialidades econômicas de muitas de suas aplicações.⁽¹⁶⁾

I. Principais Causas da Expansão dos Produtos Alternativos

A "descoberta" dos adoçantes derivados do amido coincidiu no tempo e no espaço com a do açúcar de beterraba e deveu-se basicamente às mesmas circunstâncias históricas: a interrupção do fluxo de produtos tropicais para a Europa durante as guerras napoleônicas no início do século XIX. Contudo, a produção industrial dos mesmos, diversamente do que sucedeu com a industrialização da beterraba açucareira, só começou a ocorrer a partir de meados do século passado, não mais na Europa com base na batata, mas nos Estados Unidos e tendo no milho a sua matéria-prima originária. Até depois da Segunda Guerra Mundial, a glucose e a dextrose de milho vinham sendo fabricadas e utilizadas naquele país (e em escala bem menor em outros) como produtos complementares ao açúcar em certas aplicações industriais, e só muito raramente chegavam a ser guindadas à categoria de produtos substitutivos, nas épocas de mais acentuada escassez ou de maior carestia do mesmo. Dentro desse contexto, o próprio surgimento da isoglucose acabou resultando de uma evolução tecnológica lenta e cumulativa. E ela só começou a aparecer com mais força e a impor-se nos mercados de produtos adoçantes no início da década de 1970, uma das épocas (provavelmente a última) em que os preços do açúcar tiveram uma desenfreada alta especulativa.

Os principais episódios da história do desenvolvimento e da difusão desse produto substitutivo já são bastante conhecidos, assim como as dimensões e as características dos mercados que ele foi conseguindo subtrair à produção açucareira, tanto da cana como da beterraba.⁽¹⁷⁾ O mesmo não se dá, entretanto, com as razões de sua superioridade técnica e econômica face ao açúcar, e, conseqüentemente, com os motivos da crescente preferência que ele vem obtendo junto aos consumidores.

Essa superioridade deriva, em primeiro lugar, do fato de que o amido não constitui propriamente uma matéria-prima; trata-se de um dos produtos intermediários resultante de uma das modalidades de transformação industrial do milho (ou de seus sucedâneos, como o trigo, a batata ou o arroz). Seu custo relativo, portanto, beneficia-se de saída do desconto do valor de mercado dos outros produtos obtidos através da mesma transformação industrial. Tal desconto no caso do milho é bastante elevado, chegando a alcançar 50% ou mais dos custos de produção do amido.

Além de constituir uma das melhores fontes conhecidas de carboidratos, o milho é um produto abundante e barato, principalmente (mas não apenas) nos EUA. Somente uma pequena parcela da produção de milho daquele país — não mais do que dez por cento — chega a ser transformada em amido⁽¹⁸⁾, e este possui numerosos usos industriais, além de poder servir de base à fabricação de adoçantes e/ou de álcool.⁽¹⁹⁾ Os seus principais co-produtos, o óleo e o gluten de milho, têm uma procura assegurada e crescente tanto nos próprios EUA como no mercado internacional.⁽²⁰⁾

Por outro lado, tanto o amido como o milho são facilmente armazenáveis e transportáveis a grandes distâncias, ao contrário do que ocorre com a beterraba açucareira e, principalmente, com a cana-de-açúcar⁽²¹⁾. Isto também contribui para que a isoglucose, da mesma forma que o álcool de amido, seja um produto essencialmente industrial e não mais agroindustrial como o açúcar e o álcool de cana ou de beterraba. Sua produção, além de não ser basicamente sazonal, com a destes últimos, independentemente das épocas de colheita, pode ser empreendida vantajosamente até em países e regiões que não possuem a mesma abundância de milho que os EUA ou o Canadá. Não é por outro motivo, aliás, que o Japão se tornou um dos maiores produtores e consumidores de isoglucose do mundo, vindo dessa forma a reduzir consideravelmente as suas importações de açúcar. E é exatamente por essas mesmas razões que ela vem se difundindo em várias partes do mundo, inclusive na América Latina.

Além de ter um poder adoçante igual ou superior ao do açúcar, a isoglucose tem sido comercializada a preços sistematicamente mais baixos do que este. O diferencial entre os preços de ambos deriva em parte da estrutura de custos que acaba de ser referida⁽²²⁾, em parte do também já mencionado caráter permanente (e não sazonal) de sua produção — o qual constitui um fator redutor dos custos de capital⁽²³⁾, e em parte de uma deliberada estratégia de mercado dos seus produtores (todas grandes empresas multinacionais).⁽²⁴⁾ Mas afora os seus preços mais baixos, a isoglucose ainda apresenta outras vantagens do ponto de vista dos seus consumidores industriais tais como: (1) a sua forma líquida, que facilita e barateia tanto a armazenagem como o manuseio; (2) a sua maior homogeneidade e melhor miscibilidade em relação ao açúcar; e (3) o fato de seus preços serem menos sujeitos a bruscas flutuações do que este.⁽²⁵⁾ É por causa de todas essas razões que, nos EUA, a isoglucose e os demais adoçantes derivados do amido de milho já conquistaram a maior parcela do mercado consumidor, alcançando em conjunto uma taxa de

participação de 40% do total, contra 36% do açúcar, e 24% dos edulcorantes sintéticos. O mesmo só deixou de ocorrer até agora na Europa Ocidental devido à intervenção da CEE em defesa dos produtores de açúcar de beterraba do Velho Continente.

Vale a pena destacar e caracterizar devidamente a filiação biotecnológica da isoglucose, apontando para a complexidade das técnicas envolvidas em sua produção, assim como dos conhecimentos subjacentes à mesma.⁽²⁶⁾ A isoglucose constitui um produto da isomerização —isto é, do fracionamento e da recomposição moleculares— do amido hidrolisado, pela qual este polisacarídeo é transformado num disacarídeo com maior teor de frutose, análogo ao açúcar invertido (sacarose líquida) e, eventualmente, até dotado de um maior poder adoçante (com índices de 110 a 130 em relação à sacarose).⁽²⁷⁾ Este processo somente se tornou possível

através da "descoberta" e da utilização, nas décadas de 1950 e 1960, das chamadas enzimas imobilizáveis. A identificação, experimentação e padronização destas enzimas demandou vários anos de pesquisa básica e aplicada, tanto nos EUA como no Japão.⁽²⁸⁾

O processo de produção da isoglucose envolve três etapas fundamentais: (i) a liquefação do amido e sua fragmentação em dextrinas através de enzimas bacteriais alfa-amylase; (ii) a sacarificação desse material — ou seja, a conversão das dextrinas em dextrose (ou glucose); e (iii) a isomerização por catálise amyloglucosidade, na qual parte da glucose é transformada em frutose, cujo grau de concentração desejável é subsequentemente obtido por evaporação.⁽²⁹⁾ Todas essas etapas são constituídas por operações contínuas e automatizadas, efetuadas por equipamentos dotados de alta densidade de capital e sob supervisão de pessoal técnico devidamente qualificado. Contudo, o vulto do investimento necessário acaba sendo amplamente compensado pelos altos níveis de produtividade alcançados, pela uniformidade, funcionalidade e economicidade dos produtos obtidos.

Características semelhantes podem ser detectadas a nível da produção e do consumo industriais tanto dos adoçantes sintéticos como dos combustíveis e demais produtos químicos intermediários que se pretende substituir pelo álcool de origem vegetal e seus derivados. Começando pelos últimos verifica-se desde logo que os produtos das indústrias petrolífera e petroquímica têm, por enquanto, e continuarão apresentando num futuro previsível, preços sensivelmente inferiores aos dos produtos de origem vegetal. Isto se deve não apenas aos custos inferiores de suas matérias-primas originárias —o petróleo e/ou o gás natural— mas também, em boa medida, às economias de escala inerentes à sua produção, bem como à gama

dos valiosos co-produtos, subprodutos e derivados que podem ser obtidos através dela. Para perceber isso, basta confrontar a olho nu o tamanho e o grau de complexidade operacional de uma refinaria de petróleo ou de uma planta petroquímica com os de uma destilaria de álcool —acoplada ou não a uma usina açucareira, por maior que seja o seu tamanho. Esses dois tipos de instalações, na verdade, não são comparáveis entre si, o mesmo ocorrendo em condições normais com os seus respectivos produtos. Na verdade, o álcool de origem vegetal só consegue competir em preços com os derivados de petróleo em situações muito particulares, para não dizer excepcionais, e com base em políticas de subsídios.

Essas limitações se aplicam tanto ao álcool de beterraba e de cana (embora este ainda seja beneficiado pelo uso do bagaço como fonte de energia) como ao álcool produzido a partir do amido de milho (e de outros produtos vegetais) e elas dificilmente poderão vir a ser superadas ou contornadas através da biotecnologia. A viabilidade econômica do etanol como combustível só se concretizará definitivamente a partir de uma alta pronunciada e irreversível dos preços dos hidrocarbonetos em geral, algo que, por enquanto, não chega a ser perceptível no horizonte. Isto é reconhecido até por documentos mais entusiásticos, como o estudo Production from Biomass in the Developing Countries, publicado pelo Banco Mundial em 1980. E, mutatis mutandis, as mesmas restrições também se aplicam ao uso do etanol como matéria-prima industrial, tecnicamente possível na fabricação de polímeros, solventes, resinas, produtos químicos e farmacêuticos em geral.⁽³⁰⁾ Ainda voltaremos a este tema na última parte do presente trabalho.

No que se refere aos adoçantes sintéticos, a situação é algo mais complexa, na medida que a difusão dos mesmos tem encontrado obstáculos de natureza qualitativa, obstáculos esses que ora se materializam numa falta de aceitação por parte dos consumidores finais, ora em proibições totais ou parciais do seu uso por parte das autoridades sanitárias. O primeiro desses fatores de rejeição tem a ver principalmente com as características específicas desses edulcorantes, que, na maioria das vezes, não chegam a constituir substitutos perfeitos da sacarose e/ou da isoglucoose, devendo sua utilização em consequência ser suplementada ou complementada pelo uso de açúcares naturais e/ou de outros produtos sintéticos. A incorporação desses adoçantes em alimentos para consumo humano, ou mesmo animal, costuma por isso ser regulamentada e controlada pelos poderes públicos, reforçando a importância do segundo fator de rejeição, que tem sido responsável, por exemplo, pelo impedimento da expansão do uso da sacarina e dos ciclamatos, devido ao potencial

cancerígeno de ambos. Mas, na prática e através do tempo, tanto estes obstáculos como os primeiros vão sendo contornados ou superados pelas indústrias química e farmacêutica através do progresso técnico e, mais particularmente, com a ajuda da biotecnologia industrial, que tem contribuído para aumentar substancialmente tanto o número como a diversidade dos adoçantes sintéticos.⁽³¹⁾

Esses, além de terem, via de regra, um poder adoçante muito superior ao da sacarose e da isoglucose, também apresentam muitas vezes a vantagem de serem pouco calóricos, ou de serem até inteiramente desprovidos de calorias, o que os torna indicados para o consumo das pessoas desejosas de emagrecer ou, pelo menos, de não engordar. É principalmente por causa destas tendências da moda que eles estão sendo crescentemente incorporados a todo tipo de alimentos e bebidas. Já vão longe os tempos em que se tratava de produtos medicinais para o uso exclusivo de diabéticos e de outras pessoas submetidas a tratamentos de saúde; hoje em dia, os produtos dietéticos — a começar pelos adoçantes sintéticos — estão se transformando rapidamente em bens de consumo geral, embora isto muitas vezes não seja o mais recomendável do ponto de vista médico e nutricional. Para tanto tem contribuído, não apenas os gastos de publicidade dos fabricantes de tais produtos, mas também o elevado grau de sinergismo dos adoçantes sintéticos — que se materializa através do aumento do poder adoçante conferido pela associação dos mesmos, seja entre si, seja aos adoçantes ditos naturais. Trata-se de uma vantagem não-desprezível do ponto de vista industrial, na medida que faz diminuir a necessidade de insumos e, conseqüentemente, o custo destes por unidade do produto final.

Tais vantagens costumam ter por contrapartida, de um lado, a eventual toxicidade de um ou mais componentes dos referidos adoçantes, ou então o desencadeamento por parte deles de efeitos secundários indesejáveis no organismo receptor; e, do outro, a presença de características organolépticas menos agradáveis (como, por exemplo, o sabor residual amargo de certos adoçantes sintéticos) ou a ausência de textura do produto, que faz com que ele deva ser suplementado quando usado na elaboração de alimentos sólidos. Mas também essas desvantagens podem ser, e de fato têm sido, contornadas seja pelas próprias indústrias de bebidas e de produtos alimentares, mediante a combinação de vários adoçantes sintéticos uns com os outros e/ou com produtos complementares (ou aditivos), seja pelos fabricantes dos mesmos, através da constante "criação" de novos edulcorantes, muitas vezes preparados por encomenda ou "sob medida" para determinado uso final. Esta é uma tarefa para a qual as

indústrias químicas e farmacêuticas costumam estar particularmente bem preparadas e devidamente equipadas.⁽³²⁾ Em alguns países, porém, como no Japão, essa capacidade de inovar já foi incorporada pela própria indústria de alimentos⁽³³⁾, e nada impede, pelos menos em tese, que outros ramos, inclusive agroindustriais, não venham a conseguí-lo também.

Os adoçantes alternativos à sacarose e à isoglucose costumam ser classificados de várias maneiras e de acordo com diversos critérios: (a) como naturais ou sintéticos, a partir das respectivas matérias-primas originárias; (b) como calóricos ou não-calóricos, conforme os teores energéticos que eles apresentam; e (c) como intensivos ou de baixa intensidade, quanto ao seu poder adoçante em relação ao do açúcar.⁽³⁴⁾ A primeira dessas classificações é particularmente importante na medida que aponta para a existência de outros produtos vegetais —além da cana e da beterraba, que dão origem ao açúcar, e daqueles (cereais, raízes, tubérculos) de que derivam os adoçantes de amido —capazes de fornecerem sucedâneos de elevado potencial, a custos relativamente baixo e sem grandes riscos para a saúde humana. Entre os adoçantes desse tipo pode se mencionar os steviosídeos, que já vêm sendo normalmente produzidos tanto no Japão como no Brasil, e outros mais recentes, que também estão sendo comercializados, como a thaumatina, ou ainda se encontram em estágio experimental— como o dhydrochalcone, a glycyrrhizina, a miraculina e a monellina. O valor econômico destes produtos é comprovado pelas tentativas que vem sendo feitas para replicá-los sinteticamente, por enquanto apenas a nível de laboratório.⁽³⁵⁾

Contudo, os adoçantes substitutivos que até agora têm obtido maior aceitação são dois edulcorantes sintéticos de origem biotecnológica: de um lado o aspartame, sintetizado a partir de dois aminoácidos reunidos por via enzimática, que constitui um produto hipocalórico e de alto poder adoçante, e que já vem sendo consumido em grandes quantidades no mundo todo, incorporado ou não a produtos dietéticos; e, do outro, o acesulfame-K, que lhe faz concorrência a partir de outra composição, com a vantagem de apresentar uma maior estabilidade através do tempo e uma maior resistência a altas temperaturas, mas com a desvantagem de ter um sabor mais próximo ao da sacarina do que ao do açúcar.

Por outro lado, cumpre assinalar que muitos economistas que vem analisando a concorrência desses adoçantes alternativos aos convencionais, tem incluído erroneamente entre os primeiros diversos produtos que, na realidade, ou são derivados do amido de milho, estando portanto há mais tempo disponíveis no mercado do que a isoglucose, ou são obtidos ou obtíveis através da sucroquímica. Este é o caso, por exemplo, do sorbitol (que pode ser

derivado tanto do melaço, de cana ou de beterraba, como do amido de qualquer procedência), dos neo-açúcares (obtidos a partir de misturas de glucose e de sacarose), e da sucralose (adoçante de alta intensidade produzido pela Tate & Lyle a partir do próprio açúcar). Nenhum desses produtos pode ser deixado de lado em qualquer avaliação mais abrangente, mas, ao mesmo tempo, cada um precisa ser inserido e examinado no contexto a que de fato pertence.

II. Atividades Agroindustriais Suscetíveis às Inovações Biotecnológicas

A priorização do segmento agrícola em qualquer estratégia consequente de modernização tecnológica da agroindústria canavieira vincula-se, de um lado, à elevada participação da matéria-prima na formação dos custos de produção tanto do açúcar como do álcool, e de outro, ao fato de que estes produtos são, na realidade, "fabricados" no campo, com o segmento industrial se limitando a extraí-los da cana. O objetivo econômico do primeiro segmento deve ser o de produzir o máximo de matéria-prima de boa qualidade (isto é, com alto teor de caldo) por unidade de área e aos menores custos por pessoa ocupada.⁽³⁶⁾ Para atingi-lo, as biotecnologias podem contribuir de duas maneiras: (1) acelerando e aperfeiçoando os processos de criação e difusão de novas variedades que sejam mais produtivas, mais resistentes a doenças e pragas, e melhor ajustadas às necessidades da produção, tanto agrícola como industrial; e (ii) aumentando a eficiência dos tratos culturais antes e depois das colheitas.

Estribada nos novos conhecimentos da biologia molecular e nos avanços nas técnicas de cultivo de tecidos celulares, a biotecnologia agrícola tem condições para identificar, isolar e manipular a informação genética contida nas células vegetais, bem como reproduzir e multiplicar os traços considerados mais desejáveis.⁽³⁷⁾ A cultura de tecidos vegetais constitui atualmente uma alternativa viável aos métodos convencionais de seleção e difusão de novas variedades desenvolvidas a partir do final do século passado. Trata-se de uma técnica por meio da qual se pode induzir o desenvolvimento de uma planta adulta com determinadas características a partir da disponibilidade de uma célula ou de um fragmento de tecido celular com essas características.⁽³⁸⁾ E esta planta, por sua vez, pode ser rapidamente multiplicada através das técnicas de micropropagação de células e de tecidos⁽³⁹⁾, as quais também apresentam a vantagem de garantirem a homogeneidade da nova variedade⁽⁴⁰⁾

A cana-de-açúcar é uma das espécies vegetais em que essas técnicas já foram testadas com êxito⁽⁴¹⁾, o mesmo se dando, aliás, com a beterraba açucareira.⁽⁴²⁾ Com relação a esta, é importante assinalar que os seus índices de produtividade a nível mundial, e principalmente a nível europeu, têm aumentado nas últimas décadas muito mais rapidamente do que os da cana, cuja produção tem crescido mais em extensão do que através da elevação de seus rendimentos por unidade de área.⁽⁴³⁾ Além disso, nunca é demais enfatizar que a biotecnologia agrícola vem sendo igualmente aplicada com bons resultados ao milho e a outros cereais, bem

como à batata —ou seja, àquelas espécies vegetais que dão origem ao amido.⁽⁴⁴⁾ No caso do milho, em particular, tem havido nos últimos anos uma sensível ampliação da fronteira climática do seu cultivo em direção às regiões mais frias do Hemisfério Norte.⁽⁴⁵⁾ Trata-se de uma tendência que poderá eventualmente resultar em nova expansão da produção de amido e de seus derivados, inclusive a isoglucose. É importante ressaltar a esse respeito que, mesmo sem os aportes da biotecnologia de terceira geração, a produção — e principalmente a produtividade agrícola do milho têm sido, e tendem a ser, crescentes em todo o mundo.⁽⁴⁶⁾

Os novos conhecimentos de biologia molecular, que são inerentes à nova biotecnologia, deverão também dar origem a um melhor entendimento da natureza dos obstáculos fisiológicos ao crescimento das plantas em cada estágio do seu desenvolvimento. Esse melhor entendimento, por sua vez, poderá contribuir para dar um novo impulso à formulação e à fabricação de produtos químicos e biotecnológicos capazes de promover e/ou regular o crescimento vegetal, intervindo nos mecanismos de controle hormonal, nos processos fisiológicos e nas sequências do metabolismo das plantas. Tais produtos chegaram a ser desenvolvidos num passado recente, tanto para a cana como para a beterraba, mas tiveram que ser abandonados devido à falta das necessárias informações sobre os mecanismos e processos que acabam de ser referidos.⁽⁴⁷⁾ Outras áreas em que também poderá haver progressos em breve, graças às conquistas da biotecnologia, são as da fertilização "natural" dos solos através do uso de bactérias fixadoras de nitrogênio⁽⁴⁸⁾, um tema sobre o qual já existe bastante know-how no Brasil, e da produção de defensivos mais adequados e de menores riscos tanto para o meio-ambiente como para a saúde dos seus usuários.

Existe um amplo consenso a respeito do fato da cana-de-açúcar ser uma matéria-prima de aproveitamento múltiplo, cujos produtos intermediários e finais são dotados de grande versatilidade, podendo ser submetidos a diversos tipos de processamento industrial, e dando origem a um grande número de derivados, co-produtos e subprodutos, cujas possibilidades de utilização são também muito numerosas e variadas. Essa diversidade poderá vir a acentuar-se ainda mais através do tempo e com o progresso técnico. Devido a isso, e pelo fato dessa espécie vegetal constituir uma fonte renovável de alimentos, de energia e de materiais variados, há quem preveja que, num futuro não muito distante, o próprio açúcar poderá vir a transformar-se num simples subproduto da agroindústria canavieira, com o bagaço e o melaço vindo a se tornar seus principais produtos.⁽⁴⁹⁾

Sem querer contestar a plausibilidade dessa visão prospectiva, mas procurando manter o raciocínio num plano mais concreto, é importante ter o necessário cuidado para não equiparar as possibilidades técnicas de um processo à sua viabilidade econômica. Esta última depende de uma série de requisitos que podem deixar de estar presentes em determinadas circunstâncias ou de vir a materializar-se a curto, médio, e mesmo a longo prazo. Entre eles, cumpre destacar: (1) a existência de mercados cativos e/ou com custos competitivos; (2) a disponibilidade dos capitais necessários para efetuar investimentos de grande porte e de longo prazo de maturação; e (3) a existência de capacidade científica e tecnológica endógena para poder enfrentar e resolver os problemas inerentes ao desenvolvimento de novos processos e produtos, à medida que eles vão surgindo. Sem o prévio, ou pelo menos o progressivo preenchimento desses três requisitos, nem vale a pena começar ou continuar...

Trata-se de requisitos que não são preenchidos de improviso, de uma hora para outra, e cuja materialização envolve, via de regra, um desenvolvimento prévio, prolongado e cumulativo. Além disso, os mercados cativos não costumam ser duradouros no capitalismo e, embora possa não parecer assim aos mais voluntariosos, o fator custos é talvez um dos mais importantes de todos, aplicando-se tanto às matérias-primas e/ou aos bens intermediários utilizados na produção, como às próprias técnicas vigentes no setor produtivo. A simples melhoria destas sem um prévio ou concomitante barateamento daquelas não pode ser suficiente para alterar substancialmente os dados da situação vigente. Por outro lado, nunca é demais lembrar que a previsão dos impactos de novas tecnologias sobre os custos de produção configura uma questão complexa, tendo em vista o caráter sistêmico da ocorrência de tais impactos.⁽⁵⁰⁾

Dentro dessa perspectiva, pelos motivos que acabam de ser expostos e concentrando a análise nos produtos de agroindústria canavieira, que são atualmente os mais importantes —o açúcar e o álcool—, pode-se identificar algumas das principais possibilidades, de melhoria da produtividade e de redução de custos de produção no seu segmento industrial. Estas possibilidades, salvo melhor juízo, referem-se ao âmbito: (a) das etapas do processamento do caldo, que é até hoje o derivado mais importante da cana; (b) das alternativas de aproveitamento do bagaço, que constitui o principal co-produto do referido processamento; (c) das alternativas de aproveitamento do melaço, quando o produto principal for o açúcar; (d) das alternativas de aproveitamento da vinhaça, quando o principal produto for o álcool; (e) das alternativas de aproveitamento dos demais resíduos e subprodutos.

Como é bem sabido, o processamento industrial da cana-de-açúcar se inicia com a extração do seu caldo. A moagem, processo mecânico geralmente adotado no Brasil, não constitui a única nem a mais eficiente modalidade de extração. Ao lado e além dela, deve-se mencionar a difusão, modalidade química que é adotada, não apenas universalmente no caso da beterraba, mas também em vários dos mais eficientes países produtores de açúcar e de álcool de cana. A substituição da moagem pela difusão representaria, portanto, uma primeira e importante inovação tecnológica a ser introduzida nos países e nas unidades industriais que ainda não adotam esta última. Um bom motivo para tanto é o fato da difusão constituir um processo muito mais permeável às inovações de cunho biotecnológico.

No início da década de 1980 havia uma expectativa, por parte do Banco Mundial e dos fabricantes de equipamentos industriais sediados nos países econômica e tecnologicamente mais avançados, de que a expansão da produção de álcool combustível no Brasil e alhures iria promover a modernização dos processos produtivos adotados na agroindústria canavieira, a começar pelo próprio sistema de extração do caldo de cana, estendendo-se à fermentação e abrangendo o aumento da eficiência energética das usinas e destilarias.⁽⁵¹⁾ Na prática, porém, muito pouco aconteceu neste sentido, a ponto de, no final da mesma década, um técnico da mesma entidade financeira internacional chamar a atenção para o fato de ter havido, na maioria das regiões produtoras de cana-de-açúcar, uma forte elevação dos custos reais de produção, em decorrência de fatores como a baixa utilização da capacidade instalada, as perdas crescentes de energia, ineficiências operacionais de todo tipo, e os crescentes custos fixos derivados de uma alta —porém mal utilizada— densidade de capital dos investimentos efetuados. Na verdade, como assinalava o referido técnico, a maioria das usinas tem equipamentos usados há mais de vinte anos, cuja eficiência só pode ser baixa, tendo em vista o desgaste e a obsolescência dos mesmos. Tratava-se de uma situação que, naquela altura, contrastava fortemente com a da agroindústria do açúcar de beterraba, na qual, durante as últimas décadas, os níveis de extração de sacarose e de eficiência energética dos processos produtivos foram melhorando de forma contínua e crescente.⁽⁵²⁾

É exatamente no aumento dos níveis de extração que se situa o principal objetivo de melhoria técnica dessa primeira etapa do processamento industrial da cana-de-açúcar. Em termos da tecnologia atualmente utilizada⁽⁵³⁾, o colmo da cana-de-açúcar(normal, sadia e madura) se decompõe em 10% de fibra(variação de 8 a 14%) e em 90% de caldo (variação entre 86 e 92%). Este último, por sua vez, contém água numa proporção de 75 a 82%, e

sólidos com um teor variável de 18 a 25%. Trata-se inicialmente ainda de um caldo misto, no qual os açúcares (sacarose, glucose, levulose) e os demais componentes orgânicos (ácidos, ceras, gomas, pectinas, matérias corantes, substâncias nitrogenadas, etc) e inorgânicos(basicamente cinzas) encontram-se em suspensão nos sólidos.

Uma vez extraído da cana, e supondo que ele se destine à produção de açúcar, esse caldo tem que ser filtrado e submetido a um tratamento químico —a clarificação — por meio do qual êle é liberado de várias impurezas, que vão constituir a chamada torta de filtros de borras. Fazem parte desta segunda etapa as operações de sulfitação e calagem, de pré-aquecimento e decantação, e de tratamento dos resíduos que acabam de ser mencionados e sobre os quais voltaremos ainda a falar. Por enquanto, basta assinalar que, de uma tonelada de cana, costuma-se extrair em média de 90 a 100 quilos de açúcar (centrifugado e não-refinado, cristal ou demerara).⁽⁵⁴⁾ Quando se trata da produção direta de álcool, é o próprio caldo misto que é submetido primeiro à fermentação e depois à destilação, propiciando ao término desse processamento cerca de 70 litros do referido produto por tonelada de cana.⁽⁵⁵⁾

Tanto num caso como no outro, esses níveis de extração podem ser consideravelmente aumentados através da utilização de métodos e de materiais mais eficientes do que os atuais ao adotar-se, por exemplo, no caso da produção de álcool, os processos de fermentação contínua e leveduras de melhor qualidade.⁽⁵⁶⁾ É claro que a adoção de novas tecnologias nesse âmbito, como em outros, não costuma se dar de forma espontânea, supondo pelo menos a preexistência de uma capacidade gerencial para tanto, mas ela está longe de ser impossível. Basta atentar neste sentido para a grande diversidade de rendimentos agroindustriais das destilarias paulistas, anexas e autônomas, os quais, segundo um levantamento recente, variam em torno de uma média anual de 5.847 litros de álcool por hectare de cana , entre os extremos de 7.046 litros nas mais eficientes e 3.626 litros nas menos eficientes.⁽⁵⁷⁾ Nunca é demais assinalar que se trata aqui de coeficientes agregados, que resultam tanto dos rendimentos agrícolas (toneladas de cana por hectare) como dos industriais (litros de álcool por tonelada de cana), ambos os quais tendem a ser extremamente variáveis de um estabelecimento para outro.

Quer na produção de álcool, que na de açúcar, o principal co-produto resultante do processamento da cana é o bagaço, cujo potencial energético tem atraído crescente interesse nos últimos anos. Devido a ele, diversos especialistas passaram inclusive a encará-lo como um possível produto principal da cana-de açúcar no futuro, vendo na mesma, não mais uma

lavoura agroalimentar ou agro-energética, mas uma fonte privilegiada de biomassa para fins energéticos e outros, e propondo uma base tecnológica completamente diferente das atuais para a sua exploração.⁽⁵⁸⁾ Mas, como essa base ainda não existe concretamente, e como, em consequência, a sua viabilidade econômica ainda está para ser devidamente testada, achamos mais prudente, a partir das considerações apresentadas há pouco, ater-nos aos processos produtivos ora existentes e/ou passíveis de serem desenvolvidos dentro dos mesmos padrões. Nestes termos, consideramos que o bagaço continuará a ser empregado em primeira instância como combustível para a geração do calor, da energia e do vapor necessários à produção do açúcar e/ou do álcool, apenas vindo a procurar-se, em função de melhorias na eficiência energética da referida produção, aumentar os seus excedentes para outras possíveis utilizações, internas ou externas às unidades agroindustriais em questão.⁽⁵⁹⁾

Entre as primeiras, pode-se mencionar o seu uso seja como matéria-prima adicional para a produção de álcool por hidrólise, seja como combustível para a co-geração e venda a terceiros tanto de calor como de energia elétrica. Sobre ambas essas alternativas existem não apenas uma crescente e vasta bibliografia que seria tedioso enumerar aqui, mas também — e principalmente — uma série de experiências práticas bem sucedidas, inclusive no Brasil.⁽⁶⁰⁾ O mesmo se dá, pelo menos em parte, com as utilizações alternativas do bagaço externas ao estabelecimento que o produz e que, em consequência, pode comercializá-lo como combustível, como ração para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de papel. São estas utilizações externas que nos parecem tecnológica e economicamente mais interessantes, e sobre as quais temos algo mais a dizer.

Para qualquer usina de açúcar ou destilaria autônoma de álcool, o bagaço, devido a seu caráter residual, tem um custo extremamente baixo. O principal incentivo para sua conservação, e o seu posterior aproveitamento ou venda, através da melhoria da eficiência energética da unidade agroindustrial que o utiliza como combustível, deriva do seu alto valor de mercado, o qual em São Paulo chega a alcançar os mesmos níveis dos preços da cana crua vendida para moagem.⁽⁶¹⁾ As possíveis sobras de bagaço são bem maiores na produção de álcool direto do que na de açúcar e de álcool residual, podendo facilmente atingir um terço ou mais do total obtido através da moagem. Estas sobras, por sua vez, têm um bom aproveitamento na produção de materiais celulósicos e de furfural.

Essas modalidades já vem sendo praticadas há tempos no Brasil, inclusive em termos da fabricação de celulose e de papel, na qual o furfural é o mais importante subproduto.

Trata-se de um líquido residual obtido a partir do tratamento das pentosanas da polpa do bagaço. Devido a seu alto teor de açúcar, o furfural de cana constitui um excelente mosto para a produção, por via fermentativa, de proteínas para rações. Mas o seu uso mais importante, do ponto de vista econômico, tem sido como insumo ou matéria-prima para a fabricação de nylon, plásticos e lacas, solventes para lubrificantes, álcoois especiais, etc⁽⁶²⁾

Um dos países onde a industrialização do bagaço tem tido maior desenvolvimento é a Índia, que, até o advento do PROALCOOL, foi o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo⁽⁶³⁾. Em 1979, o governo daquele país isentou de impostos de vendas a produção de papel com teores igual ou superior a 75% de celulose proveniente do bagaço de cana. Isto por si só levou à criação de umas trinta fábricas de papel —um produto do qual Índia é um grande importador— com uma capacidade instalada individual da ordem de 20 a 25 toneladas por dia em média. Dez dessas fábricas são unidades anexas a usinas açucareiras de médio e grande porte, enquanto que as restantes são independentes da indústria açucareira e alcooleira, coletando sua matéria-prima junto às unidades menores e/ou que não possuem esse tipo de instalação industrial. Houve também quatro casos em que empresas produtoras de papel resolveram estabelecer ou comprar usinas de açúcar, a fim de garantirem um acesso mais fácil à matéria-prima. Por outro lado, mesmo usinas que não dispõem de suficientes excedentes de bagaço para montarem suas próprias fábricas de papel têm se dedicado crescentemente a transformá-los em celulose primária (market pulp) através do uso de digestores químicos e de secagem ao sol, com o objetivo de reduzir os custos de transporte desse material destinado à indústria de papel e, conseqüentemente, de aumentarem as receitas e os lucros que obtêm através de sua venda. Foi ainda com base nesse amplo aproveitamento do bagaço de celulose que se iniciou na Índia a produção sistemática de furfural em larga escala.

Outro importante derivado da cana (e também da beterraba) é o melaço. Sua produção, entretanto, só se dá em circunstâncias específicas, na medida que se trata de um subproduto residual da fabricação de açúcar. Cada tonelada de açúcar de cana dá origem, em média, a cerca de 250 quilos de melaço. Este é um líquido xaroposo de cor marrom escura, muito denso, resultante da centrifugação da massa cozida que agrega os cristais de açúcar. Ele contém ainda sacarose e outros produtos originados do caldo de cana, além dos que lhe foram sendo adicionados durante o seu processamento.

A composição do melaço depende de diversos fatores — como a qualidade da matéria-prima de origem (ou seja, da cana-de-açúcar), os métodos empregados no

processamento da mesma, o sistema e o tempo de armazenagem, etc. A sua versatilidade é também muito grande, pois tanto pode ser usado como insumo na produção de rações para alimentação animal, quanto servir de matéria-prima para a fabricação de uma grande variedade de produtos, que incluem desde o rum e o chamado álcool residual (êste à razão de 7 litros para cada saco de açúcar de 60 quilos) até produtos químicos e farmacêuticos os mais diversos (vitaminas, antibióticos, etc.) O melaço apresenta outrossim a vantagem de poder ser facilmente transportado e estocado.⁽⁶⁴⁾ No início da década de 1980 estavam sendo construídos em Cuba nada menos do que dez estabelecimentos para a fabricação de proteínas unicelulares a partir da fermentação do melaço, com uma capacidade individual de 5.000 toneladas/ano.⁽⁶⁵⁾

Um novo e significativo derivado desse produto intermediário é a efidrina sintética (Ephedrine Hydrochloride) cujo processo de fabricação foi recentemente desenvolvido na Índia. A efidrina é um alcalóide encontrado em diversas espécies vegetais e que vem sendo largamente utilizado em descongestionantes nasais e nos produtos para o tratamento da coriza (running noses). Sua biossíntese a partir do melaço fermentado dá origem ao composto fenil-acetil-carbinol (PAC), que tem o benzaldeído como precursor. A produção de um quilo de efidrina requer a fermentação de 100 quilos de melaço. Trata-se, portanto, de um produto de elevado valor de mercado. A empresa indiana que a fabrica possui há dez anos uma planta com capacidade instalada de 30 toneladas por ano e está no momento construindo uma segunda unidade do mesmo tamanho.⁽⁶⁶⁾

Até agora, a vinhaça, resultante da destilação do mosto fermentado oriundo do caldo da cana ou do melaço, vem sendo mais conhecida por seus efeitos poluidores no meio ambiente do que pelo seu potencial produtivo. Trata-se, no entanto, não apenas de um fertilizante de primeira qualidade (mas que precisa ser usado com cuidado e parcimônia), como também de uma valiosa matéria-prima para a fabricação de levedura-alimento para consumo animal. Esta última utilização seria altamente conveniente e aconselhável para os casos, frequentes no Brasil, da produção de álcool direto, devido à volumosa disponibilidade de vinhaça que é gerada pela mesma, já que da destilação de cada litro de álcool resultam nada menos que 10 a 13 litros de vinhaça, com um teor de 10% de sólidos em suspensão. Para o seu aproveitamento na fabricação de rações, é preciso promover previamente a sua evaporação até alcançar um teor de sólidos de aproximadamente 50%.⁽⁶⁷⁾

Da destilação do álcool também resulta uma disponibilidade de óleo fúsel à razão de cinco litros para cada mil litros de álcool. Trata-se de um produto que pode ser utilizado vantajosamente na indústria química ou então ser adicionado ao próprio álcool como desidradante. Outro valioso subproduto, já mencionado anteriormente, são as chamadas tortas de filtros de borras, resultantes da purificação do caldo extraído da cana-de-açúcar. Sua disponibilidade chega a alcançar de 1 a 4% do volume total da cana moída. Trata-se basicamente de um bom adubo, que pode ser devolvido aos canaviais in natura e sem maiores cuidados, ao contrário do que ocorre, ou deveria ocorrer, com a vinhaça.⁽⁶⁸⁾

III. Limitações e Dilemas da Sucroquímica e da Alcoolquímica

Contrariamente ao que ocorre no Brasil, o termo sucroquímica é mais conhecido e tem sido mais utilizado em todo mundo do que o de alcoolquímica. Ambos, e talvez principalmente o primeiro, ainda se referem basicamente a campos de conhecimentos científicos e técnicos, mais do que a ramos de atividade econômica. O que os diferencia no âmbito industrial é a matéria-prima ou insumo básico usado. Nesta perspectiva, a sucroquímica é, sem dúvida, a mais abrangente das duas, na medida que envolve o aproveitamento do açúcar em geral, sob suas várias formas —já elaborado como tal, ou ainda contido em seus co-produtos (como o bagaço e o melaço) e subprodutos (entre os quais se inclui o álcool residual).

A rigor, uma indústria estritamente alcoolquímica —ou seja, um segmento da indústria química que tem no álcool o seu principal insumo ou matéria-prima — só chegou a existir concretamente em dois países: no Brasil, entre a década de 1920 e o advento de sua moderna indústria petroquímica, no final dos anos sessenta, e na Índia, onde ela começou a ser implantada a partir de meados da década de 1950, por iniciativa do governo daquele país.⁽⁶⁹⁾ Na verdade, o apoio e a intervenção governamentais, que também ocorreram mais de uma vez no caso brasileiro⁽⁷⁰⁾, são essenciais para a criação e a manutenção desse tipo de indústria, cujos custos de produção, em condições normais, não são competitivos com os da petroquímica ou mesmo com os da carboquímica.⁽⁷¹⁾ Isto chega a ser reconhecido, em outros países que não o nosso, até pelos seus mais ardentes partidários.

Além de poder ser utilizado como combustível, como solvente ou como insumo na fabricação de bebidas alcoólicas (destilados do tipo gim, vodca, etc.), o álcool de origem vegetal (produzido a partir da cana, da beterraba, de cereais, frutas, etc.) só chega a ser empregado em maiores quantidades na indústria farmacêutica e na fabricação de perfumes e de produtos de higiene pessoal, principalmente nos países da Europa e da América Latina. Em todos os outros usos possíveis e na maioria das demais regiões do mundo, ele foi sendo substituído pelo álcool sintético oriundo da indústria petroquímica e pelo eteno derivado do petróleo ou do gás natural.⁽⁷²⁾ Qualquer mudança nessa situação só se tornaria possível a partir de uma grande e irreversível elevação dos custos dessas matérias-primas, algo que parece pouco provável num futuro previsível, ou através de substanciais alterações do lado da demanda, como uma que foi proposta recentemente para o álcool combustível no campo dos

motores à explosão.⁽⁷³⁾ Mesmo em tais casos, porém, não haverá qualquer garantia do surgimento de mercados cativos para a agroindústria canavieira(e/ou da beterraba açucareira), cujos produtos continuarão a sofrer a concorrência tanto dos seus análogos sintéticos como dos sucedâneos oriundos de outros segmentos agroalimentares. Isto pode ser claramente constatado em relação ao ETBE, um aditivo oxigenante para a gasolina produzido à base de etanol, o qual, além de poder se originar igualmente do álcool de amido de milho, não tem tido maior aceitação até agora, devido à diferença de custos e preços que o separam do MTBE, aditivo produzido a partir do metanol de origem petroquímica ou carboquímica⁽⁷⁴⁾

Os atuais problemas de mercado que a agroindústria canavieira vem enfrentando poderão eventualmente ser superados através da diversificação de seus produtos, mas apenas na medida que estes forem oferecidos a preços competitivos. E isto só se tornará economicamente viável se e quando houver uma substancial redução dos seus atuais custos de produção. Os recentes progressos da biotecnologia industrial tornaram tecnicamente possível o preenchimento, pelo menos parcial, dessa condição, quer através da obtenção de um maior volume de produção a partir da mesma quantidade de matéria-prima, quer por meio da sucroquímica, cuja incorporação ao segmento possibilita a fabricação de vários novos produtos e de produtos melhor elaborados, dotados de maiores valores de uso e de troca. Mas, para tanto, é preciso que a agroindústria canavieira dê um salto de qualidade, deixando de ser uma indústria simplesmente extrativa, e assumindo o caráter de uma verdadeira indústria de transformação —algo que, obviamente, não está ao alcance de todas as empresas que a integram, mas apenas ao de uma minoria. A sucroquímica, portanto, representa uma saída da crise, mas somente para aquelas empresas dispostas e capazes de reorientarem suas atividades.

A implantação e o desenvolvimento da indústria sucroquímica vêm sendo propostos e promovidos sistematicamente há quase meio século, não apenas através de numerosos estudos técnicos e de eloquentes declarações de intenções, mas também por meio de diversas iniciativas concretas e até de alguns investimentos de certo vulto. Embora todo esse esforço tenha produzido resultados tangíveis, tanto a nível das pesquisas como no plano da produção, deve-se reconhecer que suas consequências econômicas foram, e continuam sendo até o momento, bastante limitadas. A primeira avaliação do que realmente chegou a ser conseguido foi feita há mais de vinte anos e a mais recente data de 1991.⁽⁷⁵⁾ A principal diferença entre ambas é a grande ênfase dada à biotecnologia na segunda.⁽⁷⁶⁾ Por outro lado, tem se anunciado

para breve a publicação de um trabalho prospectivo especificamente voltado para a agroindústria canavieira da América Latina.⁽⁷⁷⁾ Além disso, cumpre destacar ainda um excelente estudo econômico elaborado no início da década de 1970 por técnicos das Nações Unidas⁽⁷⁸⁾, o qual, infelizmente, nunca chegou a ser atualizado ou repetido.

Um dos aspectos que mais chama a atenção em toda essa literatura diz respeito ao caráter disperso e ao reduzido tamanho individual dos diversos mercados que têm sido, ou podem vir a ser, atendidos pela indústria sucroquímica. Embora esses mercados sejam muito numerosos e, às vezes, dotados de alto poder aquisitivo, que faz com que sejam capazes de pagar os preços que lhes forem pedidos por produtos de boa qualidade, cada um deles somente chega a constituir um nicho mais ou menos circunscrito. Em boa parte isto se deve à natureza especializada da maioria dos produtos da sucroquímica, via de regra muito mais próximos às substâncias da química fina do que aos substratos de largo uso e de amplo espectro da moderna indústria química e petroquímica, cujas produções se destinam a mercados de massa e em expansão.⁽⁷⁹⁾

Devido a isso, o equipamento necessário à instalação de uma planta sucroquímica deve ser bastante variado, a fim de poder converter e transformar múltiplos produtos, conforme as necessidades dos diversos mercados contemplados. O capital necessário para tanto é bastante elevado, e isto em si já constitui uma das razões pelas quais os benefícios advindos da incorporação da sucroquímica só poderão vir a ser apropriados por algumas, e não por todas e quaisquer, empresas da agroindústria canavieira. Essa restrição já se tornou visível na indústria açucareira européia, na qual apenas empresas do porte da Tate & Lyle, da Beghin Say francesa (controlada pelo grupo italiano Ferruzzi), e da Südzucker alemã (que recentemente absorveu a Tirlementoise da Bélgica) chegaram a se lançar nessa modalidade de transformação industrial.

Por outro lado, é importante registrar que vários dos produtos sucroquímicos de maior sucesso comercial — tanto entre os mais antigos, como entre os mais novos — são, eles mesmos, adoçantes. Eles representam apenas uma maior divesificação do mercado destes e não chegam a configurar qualquer acréscimo aos mercados já existentes. Embora resultem muitas vezes de grandes feitos da biotecnologia e da engenharia química, o significado econômico da maioria desses produtos, exceto para as empresas mais diretamente envolvidas na sua produção e comercialização, tende a ser bastante restrito. No máximo, ele se traduz numa reconquista parcial, e muitas vezes apenas temporária, do terreno anteriormente perdido

pelo açúcar de cana e/ou beterraba, seja para os adoçantes derivados do amido de milho, seja para os edulcorantes sintéticos produzidos pela indústria química e farmacêutica. Devido a isso, a importância que eles assumem a médio e a longo prazo é muito mais extrínseca do que intrínseca, estando fundamentalmente vinculada ao alargamento da fronteira tecnológica —um alargamento que eles simbolizam, não tanto em termos de novos produtos, como nos de um maior domínio sobre os processos produtivos.

Mas, não obstante todas essas restrições, é inegável que o açúcar sob as suas várias formas —mais ou menos elaboradas, com maior ou menor pureza — apresenta diversas vantagens como insumo químico. Uma é a sua versatilidade, com ele se podendo fabricar, através dos mais variados processos, desde aditivos para alimentação humana e animal, produtos medicinais e veterinários, até adesivos, detergentes, inseticidas e plásticos. Outra é a não-toxicidade, que torna atraente sua utilização nos produtos que acabam de ser mencionados. E a terceira, também muito importante nos dias que correm, é a sua biodegradabilidade.

A estas vantagens, no entanto, contrapõem-se, de um lado, o seu custo relativamente elevado e, do outro, o fato de produtos muito semelhantes, e até idênticos, poderem ser fabricados a partir do amido de milho (ou de outras espécies vegetais), da celulose derivada da madeira e de várias outras fontes, inclusive de diversos resíduos vegetais, para não falar dos análogos sintéticos atual e futuramente produzidos pela indústria química e petroquímica⁽⁸⁰⁾ São todos esses ramos industriais, e não apenas a agroindústria canavieira e a emergente sucroquímica, que vêm sendo atingidos e revolucionados pelo desenvolvimento tecnológico em curso. Uma das principais características das biotecnologias contemporâneas reside justamente na universalidade do seu alcance, que faz com que, pelo menos em princípio, todos os ramos industriais disponham de uma igualdade de condições para ter acesso às suas conquistas.

Na verdade, esse acesso não se processa por ramos, mas por empresas e grupos de empresas. O fato da agroindústria canavieira encontrar-se atualmente numa situação desvantajosa não quer dizer que todas as empresas que dela fazem parte estejam fadadas à ruína ou ao desaparecimento. As mais eficientes, as que souberem diversificar-se, não apenas sobreviverão, como até acabarão crescendo. No capitalismo, sempre foi assim e assim continuará sendo. Além disso, nos mercados oligopolizados do mundo contemporâneo, há lugar inclusive para algumas empresas menos eficientes, e até marginais, que apresentam a

vantagem de ocuparem espaços mantidos em reserva para futuras expansões das mais eficientes e de dificultarem pela sua presença o ingresso no mercado de novos concorrentes.

O principal fator diferenciador das empresas, e de suas respectivas probabilidades de sobrevivência e de expansão, continua residindo nos custos. Como vimos há pouco, a biotecnologia industrial pode contribuir para reduzi-los. Mas, isto somente se dá até certo ponto, a partir do qual quaisquer novos avanços passam a depender das possibilidades de redução dos preços dos insumos e da matéria-prima, a qual, no caso da agroindústria canavieira, como de todas as outras, procede do setor agropecuário. É neste ponto que tem de voltar à cena o progresso técnico na agricultura, o qual se manifesta basicamente no aumento da produtividade física por unidade de área cultivada e/ou por pessoa ocupada.

A biotecnologia agrícola tem, como também já foi assinalado há pouco, um papel a desempenhar nesse processo, junto com a adoção e difusão de outros métodos e instrumentos técnicos mais eficientes. Mas a mudança tecnológica em si nunca chega a ser suficiente para promover todas as transformações necessárias. No setor agropecuário, mais do que em qualquer outro, tais transformações e o progresso técnico que delas deriva dependem fundamentalmente de alterações quantitativas e qualitativas nas relações de trabalho e de produção. Essas alterações já foram tentadas no passado na agroindústria canavieira do Brasil, mas sem qualquer êxito, já que a sua estrutura fundamental vem se mantendo praticamente a mesma desde os tempos coloniais. Agora, porém, elas estão se tornando inadiáveis para garantir a sobrevivência e o desenvolvimento desse importante segmento da economia nacional.

Notas e Referências Bibliográficas

- (1) Tais como John Wilkinson, Europe within the World Food System: Biotechnologies and New Strategic Options Brussels, 1987,EEC/FAST; Pierre Douzou et alii, Les Biotechnologies, 2º ed.(Paris, 1990,PUF); Pablo Bifani, "Biotecnologia: Perspectiva General y Desarrollo en America Latina", cap.VIII de BID, Progreso Economico e Social en America Latina:Informe 1988 (Washington, 1988), pp. 207-302; C.Ducos & P.-B.Joly, Les Biotechnologies (Paris, 1988.Eds.de la Découverte), pp. 5/6; Salomon Wald(Ed.), Biotechnology:Economic and Wider Impacts (Paris,1989,OECD),passim e Ch.du Grandrut & L.Samaniego, Les Entreprises Chimiques Europeennes et les Biotechnologies (Bruxelles, 1990,CEE/FAST), pp. 9-21 e 57.
- (2) Cf. I.A. Gutierrez, Biotecnologia e Industria:un Ensayo de Interpretación Teórica (San José da Costa Rica, 1990, IICA), pág. 10;e Gerd Junne, The Impact of Biotechnology on the International Commodity Trade (Amsterdam International Studies, 1990, WorkingPaper nº 14), pp. 2 e 13. Uma versão resumida deste trabalho acha-se reproduzida em A.Sasson & V. Costarini(Eds.), Biotechnologies in Perspective:Socio-Economic Implications for Developing Countries(Paris, 1991,UNESCO), pp.73-81. Chantal Ducos e Pierre Benoit Joly, Op.cit.,pp. 14 e 31, limitam o uso do termo "biotecnologias" à última modalidade, excluindo as demais. Trata-se de um enfoque excessivamente restritivo e que não faz muito sentido, quer em termos históricos, quer em termos econômicos.
- (3) Essa questão é tratada com maior profundidade em Tamás Szmrecsányi, "Concorrência e Complementariedade no Setor Açucareiro", Cadernos de Difusão de Tecnologia,6(2/3), mai/dez. 1989, pp. 165-182.
- (4) Veja-se a este respeito as interessantes considerações do relatório de Désiré Devienne, "Les Utilisations Non-Alimentares des Productions Agricoles", Journal Officiel nº 23, 16/12/1986, pp. 25 e 92/93.
- (5) Veja-se por exemplo, a esse respeito a dissertação de mestrado de Victor M.P. Alvarez, O Processo de Inovação Tecnológica na Indústria de Gorduras Vegetais do Brasil (Campinas, 1991, DPCT/IG/UNICAMP).
- (6) Isto é mostrado claramente por trabalhos como o de Arnaud Malerbe, La Chimie Verte:Quelles Stratégies pour les Industries du Sucre et de l'Amidon (Paris-Grignon,1990, INRA), esp. pág. 14.

- (7) Cf. Pascal Byé, "Produits Sucrants et Edulcorants", cap.II de P.Byé & A.Mounier, Les Futurs Alimentaires et Energétiques des Biotechnologies(Presses Universitaires de Grenoble,1984,Cahiers de l'ISNEA h.s.nº27), pp. 122-124 e 204-210.
- (8) Isto é algo que foi bem demonstrado por Pedro Ramos na sua tese de doutoramento, Agroindústria Canavieira e Propriedade Fundiária no Brasil (São Paulo, 1991, EAESP/FGV).
- (9) Veja-se a este respeito o excelente trabalho de Alain Mounier, "Alcools et Biocarburants", cap. III de P.Byé & A.Mounier, Op.cit., pp. 211-273.
- (10) John Wilkinson, Op.cit., pp. 4-7.
- (11) Cf. Jos Bijman et alii, The International Dimensions of Biotechnology in Agriculture(University of Amsterdam, apr.1986), caps. 1,5 e 7; John Wilkinson,Op.cit., caps.IV e V; Gerd Junne, Op.cit., passim; e Salomon Wald(Ed.), Op.ct. pp. 11 e 14-16
- (12) John Wilkinson, Op.cit., pp. 32-34; Gerd Junne, Op.cit., pp.2-4; Ricardo Galli, "The Need for Structural Change", in Salomon Wald(Ed.), Op.cit., pp. 65 e 73; e Carlienne Brenner, La Biotechnologie et l'Agriculture des Pays en Développement:le cas du Mais (Paris, 1991,OCDE), pág.18.
- (13) Essa ocorrência é muito bem explicada por C.Ducos e P.-B. Joly, Op.cit. pp. 25-27.
- (14) Cf. Ernest Jaworski, "Major Trends in Science, Technology and Application:the Next Ten Years", in Salomon Wald(Ed.), Op.cit., pág.22; e I.A. Gutierrez, Op.cit., pp. 10 e 18.
- (15) Cf. I.A. Gutierrez, Op.cit., pp. 11/12. Veja-se também a esse respeito C.Ducos & P.-B. Joly, Op.cit., pp. 22-23 e 34/35; Ernest Jaworski, Op.cit., pp. 25/26 e 28; e Carlienne Brenner, Op.cit., pág. 66.
- (16) Veja-se a este respeito as considerações de C.Ducos & P.-B.Joly, Op.cit., pp. 7,12,31/32,34/35 e 37; e de Christopher Freeman, "The Diffusion of Biotechnology through the Economy:the Time Scale", in Salomon Wald (Ed.), Op.cit., pp. 44-55.
- (17) A este respeito, veja-se notadamente o estudo de Michel Zitt, Génèse des Innovations en Technologie Alimentaire, 1945-1980:le Cas de l'Isoglucose (Nantes, jan.1984,INRA), até hoje o trabalho mais exaustivo sobre o tema. Complementarmente, vale a pena consultar o artigo de E.S. Micek & R.C. Liebenow, "Development and Future of Corn Sweeteners and the Corn Wet Milling Industry", F.O. Licht's World Sugar and Sweetener Yearbook 1989, pp. D41-D45, o qual apesar de ser um tanto unilateral e superficial, traz algumas informações interessante. Dados atualizados, principalmente sobre a produção norte-americana de isoglucose, podem ser encontrados em V.L.Huebe, "Edulcorantes Substitutos del Azúcar", Bol.GEPLACEA, VIII(5), May 1991, pp.23-34.

- (18) Cf. Alain Mounier, "Protéines et Acides Aminés" cap. I de P.Byé & A.Mounier, Op.cit., pp. 48-51; Pascal Byé, "Produits Sucrants et Edulcorants", pp. 195-204; e W.B. Sunquist, Emerging Maize Biotechnologies and their Potential Impact (Paris, 1989, OECD Development Centre Technical Paper nº 8), pág. 21.
- (19) No tocante ao milho, veja-se Carlienne Brenner, Op.cit., pp.35-61; e com relação ao amido, Jos Bijman et alii, Op.cit., cap.4. Segundo estes últimos autores (pág.37), a utilização do amido de trigo, um cereal com amplos excedentes na Europa, constitui uma alternativa para um futuro não muito remoto. Outras interessantes informações podem ser encontradas a esse respeito no trabalho de Arnaud Malerbe citado há pouco na nota ⁽⁶⁾.
- (20) Veja-se a este respeito Alain Mounier, "Protéines et Acides Aminés", pp. 67/68; Pascal Byé, "Produits Sucrants et Edulcorants", pág. 116; e W.B. Sundquist, Op.cit., pp. 21/22.
- (21) É verdade que o melaço, da cana ou da beterraba, também possui esses mesmos atributos, mas convém notar que ele não passa de um subproduto residual (embora bastante abundante), cujo teor pode revelar-se insuficiente para certas utilizações, como a produção de açúcar; e, no que se refere ao álcool de cana, a ausência do bagaço fora das áreas de produção acaba sendo um fator encarecedor dos custos da utilização de melaço para esse fim.
- (22) Uma boa reconstituição e análise destes custos pode ser encontrada no artigo de Ian Smith, "The development of natural sweeteners as alternatives to cane and beet sugar", Journal of Agricultural Economics, XXIX(2), May 1978, pp. 155-163. Veja-se também a esse respeito o trabalho de Ralph Crott, "The Impact of Isoglucose on the International Sugar Market", cap.5 de S.Jacobsson et alii (Eds.), The Biotechnological Challenge (Cambridge University Press, 1986), pp. 96-123.
- (23) Cf. R. Pieck, "Changes in Beet Sugar Technology since World War II", in H.Ahlfeld & G.B.Hagelberg(Eds.), Sugar:Essays to Mark the 125th Anniversary of F.O.Licht (Ratzeburg, 1989, F.O.Licht), pág. 139; Francois Chesnais, "Prospective Impacts on International Trade and Competitiveness", in Salomon Wald(Ed.), Op.cit.,pág.86; e Gerd Junne, Op.cit., pág. 3.
- (24) Cf. V.L.Huebe, Op.cit., pág. 26.
- (25) Cf. J.G.Brown, The International Sugar Industry:Development and Prospects (Washington, 1987, World Bank), pág.64; Ralph Crott, Op.cit., pág.99; John Wilkinson, Op.cit., pág.21; Gerd Junne, Op.cit., pág. 3.
- (26) Veja-se a este respeito as considerações de Alain Mounier, "Protéines et Acides Aminés", pp.67/68.
- (27) Cf.Michel Zitt, Op.cit., pp. 3 e 38/39.

- (28) Idem, pp. 6-9; e também Ralph Crott, Op.cit., pp. 98/99.
- (29) Cf. Ralph Crott, Op.cit., pp. 122/123; Pascal Byé, "Produits Sucrants et Edulcorants", pp. 175-179.
- (30) Para aferições menos viesadas e mais atualizadas, veja-se, entre outros, Jos Bijman et alii, Op.cit., pág.50; Conselho Estadual de Energia, Pesquisa de Mercado do Alcool de Cana Produzido no Estado de São Paulo.Relatório Final(São Paulo, fev. 1987); J.G.Brown, Op.cit., pp. 3 e 31-40; Tamás Szmrecsanyi, Op.cit., passim; F.Joseph Demetrius, Brazil's National Alcohol: Technology and Development in an Authoritarian Regime (New York, 1990, Praeger), cap.6; C.A. Spelman, "Bioethanol", F.O.Licht's World Sugar and Sweetener Yearbook 1990, pp. D15-D20; e T.Szmrecsanyi & L.C.Guarnieri, "Some Socio-Economic Aspects of the National Alcohol Program in Brazil", in A.A.M.Sayigh(Ed.), Energy and the Environment into the 1990s (Oxford, 1990, Pergamon Press), vol.5, pp. 2986-2990.
- (31) Cf. Jos Bijman et alii, Op.cit., pp. 25/26; e Club de Bruxelles, "Les Sucres Alimentaires", cap. III de Le Sucre dans la CEE (Bruxelles, 1987, Agence Européene d'Informations), pp. 3.1-3.22.
- (32) Cf. John Wilkinson, Op.cit., pp. 24/25, 32-34 e 50.
- (33) Idem, pp. 50 e 54. Trata-se de uma característica que também já havia sido detectada por Michel Zitt, Op.cit., pp. 8-13.
- (34) Cf. Club de Bruxelles, Op.cit.; e Claude Rouchon, Les Edulcorants et le Marché du Sucre:l'Exemple de l'Aspartame (Paris, 1988/89, FIRS).
- (35) Caso da thaumatina, que se está tentando substituir por um edulcorante sintético à base de E.coli. Cf. Pierre Douzou et alii, Op.cit., pág.49; Ernest Jaworski, Op.cit., pág.27; e Gerd Junne, Op.cit., pág.4.
- (36) Cf. Tamás Szmrecsányi, "Caracterização da Agroindústria Canavieira", cap.II de O Planejamento da Agroindústria Canavieira do Brasil(1930-1975)(São Paulo, 1979,Ed.Hucitec), pp. 39-157. Segundo estimativas recentes do Instituto de Pesquisas Tecnológicas(IPR) de São Paulo, a matéria-prima representa cerca de 60% nos custos de produção do álcool. Cf.Oscar Terada, "O Impasse do Álcool Combustível", Informações Internas nº 149, ago.1988, pág.3; e O.A.Terada(Coord.), Álcool:Fase Industrial (São Paulo, dez.1988, IPT/PATI), pág.V.
- (37) Cf.Rodolfo Quintero, "Avances en las Tecnologias de Cultivo de Tejidos Vegetales", apêndice B de um relatório sem título, sem local e data de publicação (cópia xerox),pp.163/164. Estas possibilidades, no que se refere à fitossanidade, são colocadas em dúvida, pelos menos a curto prazo, por C.Ducos & P.-B.Joly, Op.cit., pág. 60.
- (38) Cf.Rodolfo Quintero, Op.cit., pág. 180.

- (39) Idem, pp. 182/183.
- (40) Cf. John Wilkinson, Op.cit., pág. 7.
- (41) Cf. Rodolfo Quintero, Op.cit., pág. 188. Para uma perspectiva cética a esse respeito, veja-se D.I.T. Walker, "Directions in Worldwide Sugarcane Breeding", in H.Ahlfeld & G.B.Hagelberg(Eds.), Op.cit., pág. 78; e também F.Joseph Demetrius, Op.cit., pág. 118.
- (42) Cf.Jos Bijman et alii, Op.cit., pp. 24/25.
- (43) Idem, pp. 28-32. Veja-se também a esse respeito J.G.Brown, Op.cit., pp. 9 e 46; e ainda Claude Rouchon, L'Industrie Sucrière Européenne à l'Aube du Marché Unique (Univesité des Sciences Sociales de Toulouse, 1987/88, DEA d'Analyse de la Production et des Ressources Humaines), pág.18; bem como Tamás Szmrecsányi, "Concorrência e Complementaridade no Setor Açucareiro", tabelas VII e VIII e texto respectivo.
- (44) Cf. Rodolfo Quintero, Op.cit., pp. 185-187 e 189/190; e Carlienne Brenner, Op.cit., pp.63-74.
- (45) Cf. Jos Bijman et alii, Op.cit., pág.34; Gerd Junne, Op.cit., pág.2.
- (46) Veja-se a este respeito W.B. Sundquist, Op.cit., pp. 11-16 e 25
- (47) Veja-se a este respeito o interessante trabalho de T.H.Thomas, "What Happened to Chemical Manipulation of Agricultural Crops?", F.O.Licht's World Sugar and Sweetener Yearbook 1990, pp. F13-F23; e também Carlienne Brenner, págs citadas na nota ⁽⁴⁴⁾.
- (48) Cf. Gerd Junne, Op.cit., pág.4. Trata-se por enquanto apenas de uma possibilidade e, de acordo com C.Ducos & P.-B.Joly, Op.cit., pág.34, suas probabilidades de concretização não parecem iminentes. Tal como no caso do milho (cf.W.B.Sundquist,Op.cit., pp.19 e 25), a utilização dessas bactérias tem se dado apenas nos estágios de rotação de culturas — ou seja, durante a reforma e renovação do canavial, e não na lavoura canavieira propriamente dita.
- (49) Esta é a posição, por exemplo, de P.J.M. Rao, "Development of By-Product Industries in India", F.O.Licht's World Sugar and Sweetener Yearbook 1990, pp. D21-D26.
- (50) Cf. O.A.Terada, Op.cit. pág.VI.
- (51) Cf. World Bank, Op.cit., pp.IV e 24.

- (52) Cf. J.G.Brown, Op.cit., pp. 9 e 41. Essa melhoria se deu mais na Europa do que nos EUA. Veja-se ainda a este respeito Claude Rouchon, Op.cit., cap.II; R.Pieck, Op.cit., passim; e, particularmente no que se refere ao Brasil, as enfáticas e reveladoras considerações de N.Clark & C.Juma "Biotechnology for Sustainable Development", Nature and Resources, 27(3), 1991, pp. 16/17.
- (53) As considerações que seguem baseiam-se em Tamás Szmrecsányi, "Caracterização da Agroindústria Canavieira", pág. 134.
- (54) Idem, pág. 131.
- (55) Idem, pág. 133; e World Bank, Op.cit., pág. 17.
- (56) Cf. World Bank, Op.cit., pág. 24.
- (57) Cf. O.A. Terada(Coord.), Op.cit., pág. V.
- (58) Veja-se, por exemplo, a esse respeito o trabalho de A.G. Alexander, "Sugar-Cane as a Multiple-Product Commodity", in H.Ahlfeld & G.B.Hagelberg (Eds.), Op.cit., pp. 171-189; assim como as considerações de F.Joseph Demetrius, Op.cit., pp.118-121 e 134-137.
- (59) Trata-se de aperfeiçoamentos relativamente fáceis de obter através da simples transferência de procedimentos já consagrados na indústria química. Cf. World Bank, Op.cit., pp. 24 e 26; e J.G. Brown, Op.cit., pág. 43.
- (60) Nunca é demais lembrar a esse respeito que os próprios resíduos resultantes da sua combustão (cinzas e escórias) são também passíveis de aproveitamento econômico —quer como fertilizantes, quer como insumo para a fabricação de vidros e porcelanas. Cf. Tamás Szmrecsányi, Op.cit., pág. 133.
- (61) Cf. O.A. Terada(Coord.), Op.cit., pág. 2.
- (62) Cf. Tamás Szmrecsányi, Op.cit., pp. 136-138; J.G. Brown, Op.cit., pág.43.
- (63) As considerações que seguem foram extraídas do trabalho de P.J.M. Rao, anteriormente mencionado na nota (49).
- (64) Cf. Tamás Szmrecsany, Op.cit. pág. 133; World Bank, Op.cit., pp.17/18. Veja-se também a respeito, G.C.Abbott, Sugar (London, 1990, Routledge), pp. 119-121.
- (65) Cf. Alain Mounier, "Protéines et Acides Aminés", pág. 39.
- (66) Estas informações foram extraídas de P.J.M.Rao, Op.cit., pág. D25.
- (67) Cf. Tamás Szmerecsányi, Op.cit., pág. 134; World Bank, Op.cit., pp.25/26
- (68) Ibidem.

- (69) Cf. P.J.M. Rao, Op.cit., pág. D24.
- (70) Haja vista, por exemplo, o noticiário da Gazeta Mercantil de 31/12/1991, registrando a prorrogação dos incentivos fiscais e outros concedidos às empresas alcoolquímicas localizadas no Nordeste.
- (71) Com relação a esta última, veja-se o interessante trabalho de J.-A Héraud, "Stratégies Flexibles d'Approvisionnement en Energie et Matières à l'horizon 2000", cap. 4 de R.L. Tournemine (Org.), L'Innovation: vers une Nouvelle Révolution Technologique (Paris, 1983, La Documentation Française), pp. 67-95.
- (72) Cf. World Bank, Op.cit., pp. 9-15; Pascal Byé, "Allcoolchimie et Sucrochimie", cap. IV de P.Byé & A.Mounier, Op.cit., pp. 281-312; P.R.M. Telles, Considerações sobre a Indústria Alcoolquímica (Fortaleza, 1968?, BNB/ETENE), passim; J.G.Brown, Op.cit., pp.31-40; e Tamás Szmrecsányi, "Concorrência e Complementaridade", passim.
- (73) Trata-se da introdução e difusão de motores de combustão interna, ou ciclo-Hansen, capazes de aproveitar plenamente as características e potencialidades do álcool hidratado. Veja-se a respeito F. Joseph Demetrius, Op.cit., pp. 116/117, 134, e 161-165.
- (74) Veja-se as considerações a respeito de E.S. Micek & R.C. Liebenow, Op.cit., pág. D44; e principalmente as de C.A. Spelman, Op.cit. pág. D17. Isto, sem esquecer as possibilidades da carboquímica, nos termos do trabalho mencionado na nota ⁽⁷¹⁾.
- (75) Trata-se, respectivamente, dos livros de: Valerie Kollonitsch, Sucrose Chemicals: a Critical Review of a Quarter Century of Research by the Sugar Research Foundation (Bethesda, 1970, International Sugar Research Foundation); e F.W. Lichtenthaler (Ed.), Carbohydrates as Organic Raw Materials (Weinheim, 1991, VCH). Na mesma linha do primeiro, pode-se mencionar ainda a coletânea de J.L.Hickson(Ed.), Sucrochemistry (Washington, 1977, American Chemical Society).
- (76) Veja-se, por exemplo os capítulos 7, 8 e 9 da coletânea organizada por Lichtenthaler. Ao mesmo tempo, todavia, cumpre notar ainda uma outra importante diferença entre esta e a coletânea organizada em 1977 por Hickson. Enquanto que os trabalhos reunidos nesta última eram predominantemente norte-americanos, e direta ou indiretamente financiados pela indústria açucareira dos EUA, contando com alguma participação britânica (de pesquisadores ligados à Tate & Lyle), japonesa e francesa, os daquela são em sua quase totalidade europeus, e mais particularmente alemães. Este fato se explica basicamente pela liderança econômica e tecnológica da Südzucker, hoje em dia uma das principais empresas açucareiras da Europa. Seu engenheiro-chefe, Hubert Schiwek, já havia apresentado e publicado anteriormente outras versões do trabalho que incluiu na referida coletânea — "New Developments in the Use of Sucrose as an Industrial Bulk Chemical", pp. 57-94. Trata-se de Hubert Schiwek, "Utilization of Sucrose as an Industrial Bulk Chemical: State of the Art and Future Implications", abstract D-2 de Carbohydrates 1987: 4th European Carbohydrate Symposium (Darmstadt, jul. 1987); e de H.Schiwek et alii, "Utilization

of Sucrose as an Industrial Bulk Chemical: State of the Art and Future Implications", Chemistry and Industry, 4 Apr. 1988, pp. 228-234.

- (77) GEPLACEA, La Diversificación de la Agroindustria de la Caña de Azúcar: América Latina y Caribe (Proyecto PNUD/RLA/86/011), do qual já tem aparecido algumas partes no boletim mensal da referida entidade. Cf. "L.Lisina", Bol.GEPLACEA VIII(8), Ago. 1991, pp. 11/12; "Acido Citrico", Idem, VIII(9), Set. 1991, pp. 11/12; e "Glutamato Monosodico", Idem VIII(10), Oct. 1991, pp. 11/12.
- (78) International Trade Centre, The Market for Sucrose-Based Chemicals with Specific Reference to Citric Acid, Sorbitol and Sugar Esters (Geneva, 1972, UNCTAD/GATT).
- (79) Veja-se a este respeito as considerações de Pascal Byé, "Alcoolchimie et Sucrochimie", pp. 312-338.
- (80) Cf. Alain Mounier, "Protéines et Acides Aminés", pp. 39/40 e 42; e Pascal Byé, "Produits Sucrants et Edulcorants", pág. 126.