



Álcool de celulose

Bagaço e palha de cana são cotados para aumentar a produção de etanol

DINORAH ERENO
FOTOS EDUARDO CESAR

A palavra etanol entrou efetivamente na ordem do dia. Desde que o relatório sobre o clima do planeta foi divulgado no início de fevereiro mostrando que é preciso reduzir as emissões de gases oriundos da queima de combustíveis fósseis, intensificou-se a corrida para substituir parcialmente a gasolina, um combustível fóssil, pelo álcool, uma fonte renovável e menos poluente. Uma preocupação mundial que o Brasil leva em conta há mais de 30 anos. O país produz atualmente cerca de 16 bilhões de litros de etanol combustível, o que representa 35% do total mundial. Como hoje apenas um terço da biomassa contida na planta cana é aproveitado para a produção de açúcar e de etanol, o grande desafio é transformar a celulose, que está no bagaço e na palha descartada na colheita, em álcool combustível. “Há um estudo em andamento que aponta um aumento de etanol combustível dos cerca de 15 a 20 bilhões de litros por ano produzidos atualmente para 200 bilhões de litros em 20 anos”, diz o engenheiro químico Carlos Eduardo Vaz Rossell, pesquisador do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Nipe) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). “É possível fazer isso de forma sustentável, sem avançar sobre as florestas e culturas alimentares.”

Um dos estudos que pretende viabilizar a produção de álcool via bagaço e palha, a que o pesquisador se refere, faz parte do Projeto Bioetanol, que tem como objetivo desenvolver a hidrólise enzimática no Brasil, uma das vias para obtenção do etanol. Os pesquisadores envolvidos no projeto, com duração de dois anos e meio, do qual Rossell faz parte, coordenado pelo professor Rogério Cesar de Cerqueira Leite, do Nipe, e apoiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), do Mi-

nistério da Ciência e Tecnologia, com o valor de R\$ 3,7 milhões, esperam obter o etanol por via enzimática utilizando celulasas, enzimas produzidas por microorganismos capazes de quebrar o açúcar da celulose, que será transformado em álcool combustível após o processo de fermentação. Em paralelo ao desenvolvimento da hidrólise enzimática, também são feitos estudos para avaliar os impactos do aumento da produção de etanol, com pesquisas sobre metas agrícolas, econômicas, sociais e ambientais, além dos processos industriais. O projeto reúne uma rede nacional de pesquisadores de 15 universidades e institutos de pesquisa, como Unicamp, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade de Brasília, Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), uma associação mantida por produtores de cana-de-açúcar, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, além da Universidade de Lund, na Suécia.

Para atingir a meta de 200 bilhões de litros por ano, a produção de etanol combustível, que hoje está mais focada no Centro-Sul do Brasil, seria estendida para outras regiões, como Norte e Nordeste. Com isso, o país teria condições de suprir parte do mercado internacional de etanol, podendo substituir de 5% a 10% da gasolina utilizada atualmente no mundo. Em 2002, o mercado mundial desse combustível derivado do petróleo foi de cerca de 1,17 trilhão de litros. Se o Brasil produzir 150 bilhões de litros de etanol poderá suprir a demanda de 10% desse mercado. Além de substituir parte do petróleo, o etanol tem a seu favor o fato de que não contribui para o efeito estufa, porque o dióxido de carbono, principal gás desse fenômeno, liberado pela combustão do álcool em um ano, é reabsorvido pelas plantas na safra seguinte.

Com a palha de cana deixada no campo também é possível produzir álcool combustível

O aproveitamento da biomassa da cana vai contribuir para eliminar o problema das queimadas, porque hoje apenas algumas usinas aproveitam parte do bagaço para geração de energia em geradores específicos. A palha, na colheita mecanizada, é picada e jogada como cobertura no solo, mas o excesso tem causado sérios problemas de pragas que proliferam em ambientes úmidos e protegidos. Os estudos conduzidos no âmbito do Projeto Bioetanol apontam que uma destilaria que produz atualmente 1 milhão de litros de etanol por dia do caldo da cana poderia inicialmente, com a tecnologia de hidrólise, produzir um adicional de 150 mil litros de etanol do bagaço. Em 2025, com a técnica bem otimizada, a mesma produção teria um acréscimo de 400 mil litros provenientes do bagaço recuperado.

Enzima na biomassa - A estimativa de produção futura poderá ser ampliada conforme novos avanços científicos e tecnológicos forem incorporados aos processos de hidrólise da celulose para obtenção do etanol. O desenvolvimento de enzimas eficientes para processar o bagaço e a palha de cana é uma das vias para sair do atual patamar de produção sem precisar aumentar a área plantada. É possível aproveitar de forma integral essas biomassas residuais para a produção de etanol, tanto da fração celulósica quanto da hemicelulósica, um composto do grupo químico dos açúcares presente entre as fibras de celulose. Esse foi o caminho esco-

lhido pelo professor Nei Pereira Jr., coordenador de pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e coordenador de um projeto desenvolvido em parceria com a Petrobras para a transformação da celulose em açúcar. “Estamos produzindo 198 litros de etanol para cada tonelada de bagaço”, diz Pereira Jr.

A tecnologia em desenvolvimento adota o modelo das duas correntes, produzindo etanol tanto do hidrolisado ácido da fração hemicelulósica quanto do hidrolisado enzimático da fração celulósica. Os resultados foram obtidos no laboratório com reatores de até 10 litros. Uma planta piloto com capacidade de processamento de 2 mil toneladas por dia de bagaço está em construção na UFRJ para os testes em maior escala. “Esperamos chegar a 260 litros de etanol para cada tonelada de cana na planta piloto”, diz o pesquisador. O mesmo processo pode ser aplicado a outras biomassas residuais, como sabugo e palha de milho, restos de madeira, de papel descartado e outros materiais. A produção em escala industrial depende dos resultados obtidos na planta piloto. Esse é o grande desafio, passar da escala de laboratório para a produção comercial. Até agora nenhum país chegou a uma escala industrial no emprego da tecnologia de transformação da celulose em etanol.

Os Estados Unidos, por exemplo, estão apostando pesadamente na rota de

transformação da celulose em etanol. Lá, eles esperam extrair álcool do sabugo e da palha de milho, resíduos descartados do aproveitamento do grão usado para obtenção de etanol, além de outros produtos como palha de trigo, restos de madeira e de uma gramínea chamada de *switchgrass*. A mais recente cartada dos norte-americanos foi o anúncio, no final de fevereiro, de um investimento do Departamento de Energia de US\$ 385 milhões, em quatro anos, para a construção de seis biorrefinarias para produção de etanol via celulose. Quando estiverem prontas, em 2012, funcionando em grande parte com o método de hidrólise enzimática, devem produzir cerca de 492 milhões de litros de etanol. Os Estados Unidos querem reduzir em 20% o consumo de gasolina até 2017, quando o plano do governo prevê a produção de 132 bilhões de litros.

Uma das diferenças entre a produção norte-americana e a brasileira é que aqui o etanol de celulose vai agregar milhões ou bilhões de litros ao álcool produzido da sacarose que já é distribuído hoje nos postos de combustível do país. Nos projetos existentes no mundo para aproveitamento da celulose não há esse acréscimo proporcionado pela cana-de-açúcar. Uma outra diferença a favor do Brasil está no custo de produção do etanol entre os dois países. Enquanto o do milho dos Estados Unidos fica em US\$ 0,39 o litro, o do caldo de cana custa US\$ 0,21.

O aproveitamento do bagaço e da palha de cana ainda merece muitos estudos. Eles



são materiais constituídos por celulose, um polímero da glicose formado por seis carbonos, as hexoses; por hemicelulose, composta por açúcares de cinco carbonos, chamados de pentoses, não aproveitados ainda para a produção de açúcar; e pela lignina, um material estrutural da planta, associado à parede vegetal celular, responsável pela rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais. Para que as biomassas possam ser utilizadas como matérias-primas para processos químicos e biológicos elas precisam ser submetidas a um pré-tratamento para desorganizar o complexo lignocelulósico. A lignina é o grande obstáculo nesse processo todo. A quebra desse componente libera fenóis e outros produtos químicos que inibem o processo fermentativo.

Só após ser feito o pré-tratamento do material aplica-se uma das duas vias de transformação da celulose em açúcar para obtenção do etanol. O açúcar obtido serve como blocos de construção (substratos) para produção do álcool combustível e de várias substâncias químicas. “Com isso é possível substituir os hidrocarbonetos derivados de petróleo por carboidratos provenientes das biomassas em vários processos de transformação industrial”, diz Pereira Jr., vencedor do Prêmio Abiquim de Tecnologia 2006 na categoria Pesquisador, concedido pela Associação Brasileira da Indústria Química, com o trabalho “Biotecnologia de materiais lignocelulósicos para a produção química”.

No final do processo para obtenção do etanol de celulose ainda sobra a lignina, que pode ser usada para produzir energia. “O calor de combustão da lignina é 3,5 vezes maior que o do próprio bagaço da cana”, diz o pesquisador, que desde o final da década de 1980 estuda o aproveitamento das biomassas de resíduos. Esse foi o tema de sua tese de doutorado defendida na Inglaterra em 1990. Desde então, o assunto esteve presente em 26 dos 63 trabalhos de mestrado e doutorado orientados por Pereira Jr. A tecnologia desenvolvida em parceria com a Petrobras resultou em dois pedidos de patente. Um é do pré-tratamento e a fermentação do hidrolisado hemicelulósico e o outro trata do processo de sacarificação e fermentação simultâneas da fração celulósica.

Planta piloto - A rota de hidrólise ácida também foi o caminho escolhido pelo grupo industrial Dedini, de Piracicaba, no projeto desenvolvido em parceria com o CTC, coordenado por Rossell (*leia Pesquisa FAPESP nº 77, de julho de 2002*) e financiado pela FAPESP. Batizado de Dedini Hidrólise Rápida (DHR), o processo está em funcionamento, em fase de testes, em uma planta piloto de demonstração, com capacidade para 2 mil quilos por hora de bagaço, instalada na cidade de Pirassununga (SP). “Ainda há problemas operacionais e ajustes na concepção dos processos que estão sendo corrigidos. Mas os resultados são animadores, não apenas no referente à conversão eficiente do bagaço

em etanol, mas também pelo fato de se operar numa escala representativa de um processo comercial, que fornecerá experiência muito importante para o projeto de futuras unidades”, diz Rossell.

A Oxiteno, uma das maiores empresas brasileiras do setor químico, também está em busca de soluções tecnológicas para obtenção de etanol de celulose, mas não para uso como combustível. A empresa tem interesse em dominar o processo de hidrólise do bagaço e da palha para a fabricação de produtos químicos usados na indústria química e farmacêutica. São substâncias obtidas atualmente pela rota petroquímica, e um dos principais fabricantes desses produtos é a Oxiteno. Em parceria com a FAPESP, a empresa lançou em novembro de 2006 uma chamada pública de propostas em 16 áreas temáticas de pesquisa para projetos cooperativos na área de tecnologia para a produção de açúcares, álcool e derivados. No final de janeiro foram divulgados os 23 projetos aprovados na primeira fase.

Os projetos em andamento para obter etanol da celulose somam-se a outros conduzidos nos últimos anos, por universidades, institutos de pesquisa e empresas, que resultaram em um grande avanço tecnológico para o setor, como a seleção de novas variedades de cana-de-açúcar e o Projeto Genoma da Cana (*leia reportagem na página 74*). “Pesquisas que pareciam abstratas hoje começam a ser compreendidas e podem ser utilizadas dentro de um outro contexto”, diz Rossell. ■

Estudos indicam que uma destilaria que produz 1 milhão de litros de álcool por dia poderia gerar 150 mil litros do bagaço de cana

