



ARQUIVO PESSOAL

POR MAURO DONIZETI BERNI,

PESQUISADOR DAS ÁREAS DE MEIO AMBIENTE E ENERGIA DO NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO (NIPE), DA UNIVERSIDADE DE CAMPINAS (UNICAMP-SP).
✉: MAURO_BERNI@NIPEUNICAMP.ORG.BR

ETANOL DE EUCALIPTO: UMA INDÚSTRIA DE FUTURO CERTO

Para tornar-se competitivo comercialmente, o etanol de eucalipto ainda dependerá de investimentos em P&D I, especialmente na hidrólise da celulose com custos operacionais e de capital mais baixos, maior rendimento e potencial de comercialização

A importância do Brasil no contexto mundial tem crescido constantemente no que se refere à produção de celulose de mercado: segundo os dados mais recentes, o País aparece como o quarto maior produtor mundial. Para Elizabeth de Carvalhaes, também colunista da revista *O Papel* e presidente executiva da Indústria Brasileira de Árvores (Ibá), cerca de R\$ 39,3 bilhões deverão ser investidos no setor brasileiro de árvores plantadas até 2020, apesar da crise econômica.

O País deve continuar exportando mais de 90% de sua produção de celulose. Carlos Farinha e Silva, vice-presidente da Pöyry Tecnologia, que publicou artigo completo no *Guia ABTCP de Fornecedores & Fabricantes de Celulose e Papel 2016/2017*, afirma que alguns fortes desafios deverão ser enfrentados pela indústria produtora de celulose de mercado, como, por exemplo, o crescente custo da terra e da mão de obra rural, a infraestrutura deficiente e a volatilidade do ambiente econômico, entre outros.

Com esse pano de fundo e capacidade de cogeração e receita complementar já superadas, surge uma nova janela de oportunidade pela produção de etanol com resíduos lignocelulósicos da matéria-prima das plantas de celulose. Celso Foelkel, presidente do 50º Congresso Internacional de Celulose e Papel da ABTCP e diretor da Grau Celsius Consultoria (www.eucalyptus.com.br), afirma que, em razão das

inúmeras utilizações e potenciais que se derivam das cascas e outros resíduos, não há dúvidas de que a temática sobre os destinos dos resíduos de eucaliptos tende a tornar-se prioridade de P&D I, assim como para cientistas, produtores rurais e profissionais da indústria e da área da natureza.

Com necessidade de excelente qualidade da matéria-prima fibrosa, as plantas de celulose têm como fator imprescindível a etapa de descascamento interno ou no campo variável para elevar a produtividade e minimizar custos operacionais. Existem inúmeras razões para o descascamento da tora de madeira. A maioria das plantas de celulose tem consciência de que sua operação fabril é facilitada e otimizada quando se remove a casca. Conforme Foelkel, isso tem sido aprendido tanto nos laboratórios quanto na própria vivência operacional.

Outra evidência tem sido destacada em pesquisas laboratoriais: o grande potencial dos materiais lignocelulósicos na produção de etanol. O balanço energético e a viabilidade econômica em favor do etanol de resíduos lignocelulósicos da indústria de celulose têm incrementado as pesquisas sobre o tema em centros de excelência no Brasil e no exterior.

Algo muito importante e que merece ser ressaltado consiste no fato de que a produção de etanol de eucalipto abriria novas perspectivas para a descentralização do eixo produtivo do Estado de São Paulo. Plantas

de celulose de mercado são biorrefinarias em construção. No médio prazo, será possível fabricar em instalações anexas o produto clássico "celulose", além de uma variada gama de outros itens de valor comercial, que podem ser combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, insumos químicos, lignina, xilose, furfural, metanol, gás de síntese, biodiesel, bio-óleo, dimetil-éter, nanocristais de celulose, gás carbônico, carbonato de cálcio e o etanol mencionado neste artigo.

Apesar das inúmeras oportunidades que as pesquisas acadêmicas estão mostrando, ainda há um grande caminho a perseguir para o efetivo sucesso comercial do etanol de eucalipto. Rotas tecnológicas em estudo demonstram a viabilidade técnica e social da implantação de projetos que envolvem a produção de etanol sob o conceito de biorrefinaria. Para todos os casos, o processo geral da produção a partir de resíduos lignocelulósicos consiste nas etapas de moagem de material, pré-tratamento, hidrólise enzimática e bioconversão dos açúcares obtidos em etanol. Nesse sentido, a etapa que se destaca por sua importância na hidrólise é o pré-tratamento, com o intuito de tornar mais eficiente a conversão da celulose e hemicelulose em etanol.

A etapa de pré-tratamento deve ser capaz de reduzir o tamanho das partículas lignocelulósicas, maximizar a recuperação de celulose para obter um substrato suscetível à hidrólise enzimática, evitar a formação de produtos de degradação dos açúcares (como ácido acético, furfural, hidroximetilfurfural e ácidos fenólicos inibidores da fermentação) e, ao mesmo tempo, preservar a hemicelulose para a recuperação de coprodutos de maior valor agregado.

A otimização do processo tem um pré-requisito principal: aproveitamento de todos os coprodutos, aplicando-se o conceito de biorrefinaria, o que ajudará a diminuir o impacto econômico global e ambiental do processo de segunda geração (Ruiz *et al.*, 2013, série 2, n. 3, *Boletim Biotecnologias*, SPB, ISSN 1645-5878). No Brasil, um dos principais estudos sobre o etanol de eucalipto foi desenvolvido em 2010 por Juliana Bragatto, na Esalq-USP, intitulado *Avaliação do potencial da casca de Eucalyptus spp. para a produção de etanol*, que teve como objetivo avaliar a biotransformação de resíduos lignocelulósicos em produto de maior valor agregado.

Destaca-se também um trabalho apresentado no Congresso Internacional de Biomassa – CIBIO 2016, intitulado *Produção de etanol a partir de eucalipto pré-tratado por processo alcalino*, realizado por pesquisadores da Embrapa Florestas. O estudo pretendeu avaliar a obtenção de etanol a partir de eucalipto (*urophylla x grandis*) com a aplicação do processo de pré-tratamento alcalino com licor verde. A esse respeito deve-se citar o trabalho de Diaz *et al.*, publicado na revista *O Papel* em

novembro de 2010: *Licor verde modificado para produção de bioenergia: uma nova metodologia de pré-tratamento de madeira, potencialmente mais eficiente em relação a métodos existentes*. O trabalho tinha como foco os prós e os contras de sistemas de pré-tratamento para a produção de bioenergia com o uso de *green liquor* para o melhoramento da etapa de hidrólise.

No plano internacional merecem destaque alguns trabalhos recentes: S. McIntosh *et al.*, intitulado *Pilot-scale cellulosic ethanol production using eucalyptus biomass*, publicado na *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 10:346–358 (2016); DOI: 10.1002/bbb. Esse trabalho investiga a espécie *Eucalyptus grandis* como matéria-prima potencial na produção de etanol. Cristina Rueda *et al.*, 2016, com o trabalho intitulado *Technoeconomic assessment of different biorefinery approaches for a spent sulfite liquor*, publicado em *J. Chem Technol Biotechnol* 2016; 91: 2646–2653, como foco na avaliação técnica de três opções de biorrefinaria com a produção diária de 19,92 toneladas de furfural, 15,84 de xilitol e 14,64 de etanol.

Para tornar-se competitivo comercialmente, o etanol de eucalipto ainda dependerá de investimentos em P&D I, especialmente na hidrólise da celulose com custos operacionais e de capital mais baixos, maior rendimento e potencial de comercialização, bem como os já citados aperfeiçoamentos tecnológicos na etapa de pré-tratamento. Os indicativos de médio prazo são para incrementos de P&D I, tendo-se em vista as vantagens comparativas hoje existentes (<https://prezi.com/login/?next=/etn3xzc-8p6x/producao-de-etanol-a-partir-de-eucalipto/>):

- cerca de 2,3 t de CO₂ deixam de ser emitidas por tonelada de álcool combustível utilizado em lugar do combustível fóssil;
- controle do conhecimento biotecnológico florestal (atualmente, é própria a maior parte do eucalipto utilizado pela indústria de celulose, em torno de 85%, sendo o restante fornecido por pequenos produtores nos sistemas integrados de produção e de arrendamento da terra);
- a casca de eucalipto tem 20% menos carboidratos em relação à cana-de-açúcar, mas 83% de hidratos de carbono fermentescíveis, contra 65% da cana-de-açúcar;
- a cana-de-açúcar proporciona produção média de 70 litros de etanol por tonelada, enquanto a casca de eucalipto produz 106;
- maior facilidade de degradação da casca de eucalipto;
- comparação de resíduos: 10,6 toneladas de bagaço por hectare para a cana-de-açúcar e 23 para o eucalipto.

Na próxima coluna comentaremos detalhadamente as rotas tecnológicas e o estado da arte das patentes para a indústria de etanol de eucalipto. ■