



## **CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* E PRÉ-TRATADO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO**

Raúl Andres Martinez Uribe<sup>(1)</sup>, Claudemir Natalino Da Silva<sup>(2)</sup>

### **RESUMO**

O interesse de intensificar a produção do etanol, junto com a biotecnologia vem estudando maneira de viabilizar o processo de produção do etanol a partir dos resíduos agroindustriais como as matérias lignocelulósicas. Para obtenção do etanol a partir da biomassa, utilizam-se os processos químicos, biológicos por meio do emprego de enzimas, catalisadores (ácido/base) e físicos (temperatura e pressão) que ajudam na quebra das moléculas lignocelulósicas e na produção de açúcares para processo fermentativo. Com o objetivo avaliar o pré-tratamento por explosão de vapor na matéria prima para obtenção de etanol de segunda geração foi caracterizado o bagaço de cana-de-açúcar antes do pré-tratamento (*in natura*) e após o mesmo no centro de tecnologia canavieira (CTC) quanto aos teores de celulose, hemicelulose e lignina. A porcentagem de celulose passou 39,27% para 56,1% após o pré-tratamento com explosão de vapor e este obteve rendimento na remoção das hemiceluloses de 97%.

**Palavras-chave:** bioenergia, explosão de vapor, aproveitamento de resíduos

### **CHARACTERIZATION OF CANE SUGAR HUSK *IN NATURA* AND PRE-TREATY FOR SECOND GENERATION ETHANOL PRODUCTION**

Raúl Andres Martinez Uribe<sup>(1)</sup>, Claudemir Natalino Da Silva<sup>(2)</sup>

### **SUMMARY**

The interest of enhancing ethanol production, along with biotechnology has been studying way to facilitate the process of ethanol production from agro-industrial residues as lignocellulosic materials. To obtain ethanol from biomass, use is the physical, chemical and biological processes through the use of enzymes, catalysts (acid / base) and (temperature and pressure) physical processes which help in breaking of molecules and the production lignocellulosic sugars for fermentation. In order to evaluate the treatment by steam explosion in the feedstock for ethanol production of second generation was characterized husk of sugarcane before pretreatment (*in natura*) and after it, for the levels of cellulose, hemicellulose and lignin. The percentage of cellulose became 39.27% to 56.1% after pre-treatment with steam explosion. There was obtained a yield of 97% removal of hemicelluloses with the pre-treatment.

**Key-words:** bioenergy, steam explosion, waste recovery

<sup>(1)</sup> Eng. Agrônomo, Professor Doutor da Universidade Sagrado Coração, Rua Irmã Arminda, 10-50 Jardim Brasil, Bauru – SP CEP 17011-160. [raul.uribe@usc.br](mailto:raul.uribe@usc.br) <sup>(2)</sup> Bacharel em Química, Operador Sênior setor sucroenergetico, Fazenda Boa Vista, s/n, São Manuel-SP.

## INTRODUÇÃO

A escassez de reservas petrolíferas, principal fonte energética mundial, juntamente com as preocupações da sociedade com a preservação ambiental, tornaram o etanol uma fonte de energia sustentável de grande importância. No entanto, uma enorme gama de estudos, na área de pesquisa do etanol de segunda geração a partir das matérias lignocelulósicas da cana-de-açúcar precisa ser realizada.

O interesse de intensificar a produção do etanol, junto com a biotecnologia vem estudando maneiras de viabilizar o processo de produção do etanol a partir dos resíduos agroindustriais como as matérias lignocelulósicas (bagaço e palha de cana-de-açúcar). A produção do etanol a partir da biomassa coloca o Brasil em destaque, por possuir uma disponibilidade dessas matérias primas renováveis com sua atividade atual (sobra de bagaço e palha de cana) (Bon et al., 2008).

Um dos desafios da produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica consiste em determinar o melhor processo para obtenção dos monossacarídeos. O crescente desenvolvimento alcançado pela agroindústria canavieira, principalmente na produção de etanol combustível, tem gerado um atraente incentivo no aproveitamento do bagaço produzido, devido à inserção de novas e mais avançadas tecnologias agrícolas e industriais, e na recuperação integral ou parcial da palha e bagaço de cana-de-açúcar, proporcionado desta forma, estímulos no desenvolvimento e produção de bioetanol a partir de fontes alternativas como resíduos agrícolas (Bastos, 2007). A necessidade de um aumento significativo na produção de etanol, sem aumentar a exploração das terras cultiváveis, leva à constatação de um novo padrão de produção de energia a partir da biomassa, em especial de resíduos (Benedetti et al., 2009).

Para obtenção do etanol a partir da biomassa, utilizam-se processos químicos, biológicos por meio do emprego de enzimas, catalisadores (ácido/base) e físicos (temperatura e pressão) que ajudam na quebra das moléculas e na produção de açúcares para processo biológico (fermentação) (Silva, 2009). O pré-tratamento é essencial para a bioconversão dos materiais lignocelulósicos, pois, possuem caráter altamente recalcitrante que causa barreiras físicas e químicas que inibem significativamente a sua susceptibilidade à bioprocessos tais como a hidrólise e fermentação (Rocha, 2006).

O bagaço da cana-de-açúcar como outras fibras vegetais possuem estruturas organizadas, de difícil desestruturação, esta etapa de pré-tratamento é necessária antes da hidrólise enzimática para tornar a celulose mais acessível ao ataque das enzimas (Wanderley, 2012). O processo de explosão a vapor atua tanto química como fisicamente na estrutura do material lignocelulósico por estar baseado no contato direto da biomassa com vapor saturado a alta pressão por um determinado tempo de exposição no reator, seguido de descompressão rápida à condição atmosférica (explosão). Ao longo deste processo, as ligações que conferem a coesão da biomassa são fragilizadas e em parte quebradas, de forma que, no momento da descompressão, o material é desfibrado com facilidade e assim reduzido a partículas menores, aumentando a área superficial de contato e diminuindo a resistência da parede celular à sacarificação (Pitarelo, 2012).

Deste modo, pesquisas que mostrem a importância dos pré-tratamentos na biomassa utilizada no processo de produção de etanol de segunda geração são importantes para evidenciar os ganhos com ditos processo e auxiliar na tomada de decisões nas futuras etapas de hidrólise, fermentação e destilação.

### **OBJETIVO**

Comparar o bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e pré-tratado por explosão a vapor, quanto aos teores de celulose, hemicelulose e lignina.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Foi utilizado bagaço de cana-de-açúcar, cedido ao centro de tecnologia canavieira (CTC - Piracicaba), pela Usina Açucareira São Manoel (USM), localizada na cidade de São Manuel - SP.

Primeiramente, foi determinada a massa de matéria seca do bagaço de cana *in natura* por secagem até peso constante. O bagaço de cana-de-açúcar foi caracterizado, quanto aos teores de celulose, hemicelulose e lignina, utilizando a metodologia descrita por Sluiter & Sluiter, 2011. Este procedimento utiliza hidrólise ácida em duas etapas com a finalidade de fracionar a biomassa em porções mais facilmente quantificáveis. A lignina foi fracionada em material solúvel em ácido e material insolúvel em ácido (Rocha *et al.* 1997). O material insolúvel em ácido inclui cinza e proteínas, as quais foram contabilizadas por análise gravimétrica. A lignina solúvel em ácido foi quantificada por espectroscopia na região do UV visível. Durante a hidrólise, os carboidratos poliméricos foram hidrolisados nas formas monoméricas, as quais são solúveis no líquido de hidrólise. Estes foram então mensurados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLEA).

O pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar foi realizado em um reator de capacidade de 65 litros, do tipo vaso de pressão automático, com manômetro e termômetro para avaliar condições de operação, válvulas automáticas e painel de controle (FIGURA 1). A pressão foi controlada na entrada principal do vapor, cuja injeção no reator é dividida em 3 (três) vias, todas providas de válvulas de alta pressão, o que proporciona uma melhor distribuição do vapor e maior eficiência térmica e, portanto, uma maior homogeneidade durante o pré-tratamento. O reator está acoplado a uma caldeira de alta pressão, um compressor de ar e um ciclone, que é empregado para a descarga do material e escape de vapores.



**Figura 1** - Reator de explosão a vapor  
Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram pesados 8 Kg de bagaço em base úmida (umidade de 50%), para abastecimento do reator previamente aquecido. O reator foi aquecido até 195°C com a entrada de vapor. Ao término do tempo de exposição do material no reator a válvula de esfera (dispositivo mecânico utilizado para controlar o fluxo do material para o coletor), foi imediatamente aberta através de um atuador pneumático para promover a descompressão do material (explosão), o qual foi arrastado para o interior de um ciclone provido de um coletor. Foram realizadas mais duas explosões, só com a injeção de vapor, para garantir a recuperação total do material, que foi então transferido para sacos plásticos mantidos fechados durante o resfriamento para evitar a perda de voláteis. O material em temperatura ambiente foi homogeneizado e retirada alíquota (1 g) para determinação de sólidos totais em balança de infravermelho a 125°C até massa constante. Posteriormente o bagaço foi lavado e prensado para separação das partes solúvel da insolúvel.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O teor de celulose na fração sólida apresentou um aumento de 70%, enquanto que a xilose diminuiu 97,34% em relação ao bagaço pré-tratado com explosão a vapor como resultado da solubilização da hemicelulose (Tabela 1).

Tabela 1 - Bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e pré-tratado

Componente	Bagaço in natura	Bagaço Pré-tratado por explosão a vapor
Celulose	39,27	56,1
Xilose	21,63	4,5
Arabinose	2,51	0
Lignina	23,38	31,7
Cinzas	5,24	6,6
Outros	7,97	98,9

Fonte: Elaborado pelos autores.

O bagaço de cana foi pré-tratado com sucesso por explosão a vapor, cujo foco principal era produzir substratos altamente acessíveis para a hidrólise enzimática com as melhores recuperações possíveis de açúcares fermentescíveis (principalmente glicose). A redução das hemiceluloses com relação ao bagaço pré-tratado por explosão a vapor pode refletir em uma melhora na conversão enzimática da celulose já que a hemicelulose forma uma camada protetora ao redor da celulose, reduzindo a eficiência do ataque enzimático (Soares, 2013).

Analisando as concentrações de celulose, lignina e outros percebe-se um aumento que pode ser atribuído, principalmente, à remoção das hemiceluloses (xilose e arabinose) após o pré-tratamento, já que o percentual de hemiceluloses foi inferior quando comparado ao bagaço in natura. Isto ocorre porque durante o processo de pré-tratamento por explosão a vapor, todos os componentes da biomassa sofrem hidrólise, mas as hemiceluloses são as mais susceptíveis a este tipo de reação. Sob a ação da temperatura e da pressão do vapor, os grupamentos acetila presentes nas hemiceluloses são hidrolisados a ácido acético e o ácido liberado no meio catalisa a quebra das ligações do complexo lignina-carboidrato, provocando a solubilização de grande parte das hemiceluloses, que passam a ser facilmente removidas por extração aquosa. A fração insolúvel em água contém celulose e lignina parcialmente modificada, sendo que a maior parte desta lignina pode ser removida por extração com álcali, etanol ou dioxano (Pitarelo, 2013).

## CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizada a pesquisa, pode-se concluir:

- A porcentagem de celulose passou 39,27% para 56,1% após o pré-tratamento com explosão de vapor.
- O pré-tratamento do bagaço da cana-de-açúcar por explosão a vapor sem adição de catalisador (auto hidrólise) obteve um alto rendimento na remoção das hemiceluloses reduzindo cerca de 97% do total.

## LITERATURA CITADA

**Bastos, V. D.** Etanol, Alcoolquímica e Biorrefinarias, Estudo Setorial, BNDES. n. 25, p. 5-38. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:

<[http://funcex.org.br/material/redemercosul\\_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS\\_BRASIL/BRA\\_161.pdf](http://funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_BRASIL/BRA_161.pdf)>. Acesso: 16 nov. 2013.

**Benedetti, O. I. S.; Chaves, R. Q.; Magalhães, A. M.** Análise preliminar da produção de etanol a partir de celulose: caminhos e desafios para a produção de álcool no Rio Grande do Sul. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v. 6, n. 2, p. 272-284. Espírito Santo do Pinhal, 2009. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/661562/1/EABeneditti.pdf>>. Acesso: 10 nov. 2013.

**Bon, E. P. S.; Ferrara M. A.; Corvo, M. L.** Enzimas em biotecnologia: produção, aplicação e mercado. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2008.

**Pitarelo, A.P.; Silva, T. A.; Peralta-Zamora, P.; Ramos, L. P.** Efeito do teor de umidade sobre o pré-tratamento a vapor e a hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar. Química Nova, São Paulo, SP. v. 35, p. 1502-1509, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v35n8/v35n8a03.pdf>>. Acesso: 27 out. 2013.

**Rocha, G. J. M.; Silva, J. S.** Estudo comparativo de polpas celulósicas obtidas a partir de bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado por solução ácida e explosão a vapor. In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2006.

**Silva, V. F. N.** Estudos de pré-tratamento e sacarificação enzimática de resíduos agroindustriais como etapas no processo de obtenção de etanol celulósico. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial). Escola de Engenharia de Lorena, USP, Lorena, SP, 2009. Disponível em: <[http://bd.eel.usp.br/tde\\_arquivos/2/TDE-2003-03-07T182126Z-129/Publico/BID09005.pdf](http://bd.eel.usp.br/tde_arquivos/2/TDE-2003-03-07T182126Z-129/Publico/BID09005.pdf)>. Acesso: 03 nov. 2013.

**Sluiter J.; Sluiter A.** Summative Mass Closure Laboratory Analytical Procedure (LAP) Review and Integration, Technical Report National. Renewable Energy Laboratory. Colorado, 2011.

**Soares, M. L.** Efeitos do teor de lignina na sacarificação e fermentação simultânea do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol. 2013. 68f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial), Departamento de Biotecnologia Industrial, Universidade de Pernambuco, Recife, PE, 2013. Disponível em: <[http://www.ufpe.br/ppgbi/images/documentos/dissertao\\_mariana.pdf](http://www.ufpe.br/ppgbi/images/documentos/dissertao_mariana.pdf)>. Acesso: 13out. 2013.

**Wanderley, M. C. A.** Hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar em batelada alimentada para produção de etanol por *Saccharomyces cerevisiae* UFPEDA 1238 em processo de SHF. 2012. 114f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial), Departamento de Antibióticos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2012. Disponível em: <[http://www.ufpe.br/ppgbi/images/documentos/dissertao\\_maria\\_carolina\\_wanderley\\_2012.pdf](http://www.ufpe.br/ppgbi/images/documentos/dissertao_maria_carolina_wanderley_2012.pdf)> acesso: 18 out. 2013.