



## PRÉ-TRATAMENTO ÁCIDO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR

*Vagner M. Gomes<sup>1</sup>*

*Melina S. Lopes<sup>1</sup>*

*Rogério A. Sousa<sup>2</sup>*

**RESUMO:** O objetivo do presente trabalho foi otimizar o pré-tratamento ácido da palha da cana-de-açúcar utilizando-se o planejamento experimental. Para tal, o planejamento experimental utilizado foi um Delineamento Composto Central rotacional (DCCR) 2<sup>2</sup> com a adição de quatro pontos axiais e três repetições no ponto central. Os fatores avaliados na otimização foram: a concentração da solução de ácido sulfúrico (0,10 - 2,90 % m/v) e o tempo de pré-tratamento realizado em autoclave vertical a 120 °C e pressão de 1 Kgf/cm<sup>2</sup> em intervalos de tempo de 14 a 55 minutos. As variáveis respostas definidas para a otimização foram: a massa de glicose liberada em função da massa de palha de cana-de-açúcar inicial do pré-tratamento, e a concentração de sólidos solúveis liberados medidos em graus Brix (°B). Os resultados mostraram que a condição otimizada para a liberação de glicose e também sólidos solúveis, foi a condição de ácido sulfúrico a 2,0% m/v de concentração com o tempo de 40 minutos em autoclave, onde foi obtida uma concentração de 0,194 g glicose/g de palha de cana-de-açúcar e 3,2 °B.

**PALAVRAS-CHAVE:** Etanol de segunda geração. Pré-tratamento ácido. Palha de cana-de-açúcar.

### 1 INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação global em relação à preservação do meio ambiente, aliada a limitação da oferta dos tradicionais combustíveis fósseis e do preço do petróleo, os governos tiveram a necessidade de elaborar políticas que contemplassem o investimento em combustíveis renováveis e sustentáveis (Santos et al., 2012). A queima de combustíveis fósseis representa aproximadamente 82 % das emissões dos gases causadores do efeito estufa.

O uso de biocombustíveis reduz a emissão de gases causadores do efeito estufa, além de ser uma alternativa economicamente viável aos combustíveis fósseis (CANILHA, 2010).

A palha da cana-de-açúcar é uma fonte de biomassa que apresenta um grande potencial de aplicação para a produção de etanol de segunda geração devido sua composição lignocelulósica com cerca de 40-44 % de celulose, 30-32 % de hemiceluloses, 22-25 % de

---

<sup>1</sup> UNIFAL.

<sup>2</sup> UNIFAN.

lignina. Estima-se que de uma tonelada de palha de cana-de-açúcar com 40 % de celulose seja possível obter até 237 L de etanol (Santos et al., 2012).

## 2 METODOLOGIA

O pré-tratamento ácido da palha da cana-de-açúcar foi realizado com ácido sulfúrico diluído e em autoclave vertical a 120 °C e 1 Kgf/cm<sup>2</sup>, onde o tempo de pré tratamento e as faixas de concentrações definidas para o planejamento experimental, foram dispostas na Tabela 1. A carga de sólidos utilizada de palha de cana-de-açúcar foi de 5 % m/v.

Tabela 1 – Variáveis reais do planejamento experimental

Fatores	Níveis				
	<b>-1,41</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+1,41</b>
[H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ] (%)	0,10	0,50	1,50	2,50	2,90
Tempo (MIN)	14,00	20,00	35,00	50,00	56,00

Ao término do pré-tratamento, a fração sólida foi filtrada a vácuo e lavada com 60 mL de água destilada. Na fração líquida foi determinada a concentração de glicose pelo método do DNS descrito por Miller (1959) e a concentração de sólidos solúveis em °Brix utilizando-se um refratômetro de Abbe. Após a realização dos onze experimentos da matriz do planejamento experimental DCCR 2<sup>2</sup> com 4 pontos axiais e três repetições centrais, os resultados foram avaliados estatisticamente em um intervalo de 95 % de confiança e foram construídas superfícies de respostas para as duas variáveis do planejamento experimental: massa de glicose liberada por massa de palha de cana-de-açúcar alimentada no pré tratamento, e massa de sólidos solúveis liberadas no pré-tratamento em °Brix.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliou-se em cada condição do planejamento experimental a concentração de sólidos solúveis liberados durante o pré-tratamento e também a massa de glicose liberada por massa de palha de cana-de-açúcar. Os resultados obtidos, demonstrados na Tabela 2, revelam que na concentração de 2,5 % de ácido sulfúrico em um tempo de 20 minutos em autoclave, foram

liberados 3,9 °B de sólidos solúveis em solução. Durante o pré-tratamento com ácido diluído é obtido uma fração líquida rica em hemiceluloses removidas da matriz celulósica da biomassa, e uma fração sólida constituída por lignina, além da celulose que será quebrada em glicose na etapa de hidrólise. A menor concentração de sólidos solúveis foi obtida na condição de 0,10 % de ácido sulfúrico em um tempo de 35 minutos em autoclave, o que revela a necessidade no aumento da concentração do ácido para promover a solubilização das hemiceluloses e garantir o tratamento adequado da palha da cana-de-açúcar para a etapa de hidrólise. Observa-se também que a maior concentração de glicose foram obtidas nas condições centrais do planejamento experimental, onde utilizou-se sulfúrico a 1,50% com 35 minutos de autoclave (ensaios 9, 10 e 11).

Tabela 2 – Variáveis respostas do DCCR

<b>Experimento</b>	<b>°B</b>	<b>g glicose / g palha</b>
<b>1</b>	1,7	0,099
<b>2</b>	3,9	0,207
<b>3</b>	1,9	0,145
<b>4</b>	3,5	0,24
<b>5</b>	0,6	0,062
<b>6</b>	2,9	0,214
<b>7</b>	2,8	0,128
<b>8</b>	2,8	0,198
<b>9 (C)*</b>	2,9	0,224
<b>10 (C)*</b>	3	0,221
<b>11 (C)*</b>	2,9	0,223

C\*: Pontos centrais do planejamento experimental.

Realizando-se as análises estatísticas para os resultados das variáveis respostas apresentados na Tabela 2, verificou-se que a condição otimizada para a liberação de glicose e também sólidos solúveis, foi a condição de ácido sulfúrico a 2,0 % m/v de concentração com o tempo de 40 minutos em autoclave, onde foi obtida uma concentração de 0,194 g glicose/g de palha de cana-de-açúcar e 3,2 °B. As análises estatísticas realizadas demonstraram que a concentração de ácido sulfúrico (linear e quadrático) e tempo de autoclave (linear e quadrático) foram estatisticamente significativos (pela análise do p-valor) em um intervalo de confiança de 95 % para a variável resposta massa de glicose por massa de palha de cana-de-açúcar; enquanto que para a variável concentração de sólidos solúveis, apenas a concentração de ácido sulfúrico (linear e quadrático) foram estatisticamente significativos. Além disso, a

análise da ANOVA (análise de variância) demonstrou que o modelo previsto é estatisticamente significativo com  $R^2$  de 96,77 % para a variável resposta massa de glicose por massa de palha de cana-de-açúcar, e 92,59 % para a variável concentração de sólidos solúveis. Observou-se também que o F calculado para as duas variáveis respostas são maiores que o F tabelado, confirmando em ambos os casos a significância dos modelos matemáticos propostos. Com isso, foram obtidas as superfícies de respostas e suas respectivas equações que representam o modelo proposto. Para a variável massa de glicose por massa de palha de cana-de-açúcar foi obtida a Equação 1, enquanto que para a variável resposta sólidos solúveis foi obtida a Equação 2. Observando-se as superfícies de resposta, inferiu-se que a condição experimental otimizada é dada pela concentração de ácido sulfúrico a 2 % com um pré tratamento de 40 minutos.

$$\text{Glicose(g/L)} = 0,223 + 0,052 * C - 0,037 * C^2 + 0,022 * t - 0,024 * t^2 \quad (1)$$

$$^{\circ}\text{B} = 2,892 + 0,882 * C - 0,488 * C^2 \quad (2)$$

Onde:

C: concentração de ácido sulfúrico, em % em massa

t: tempo, em minutos

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na etapa do pré-tratamento foram satisfatórios, onde a condição otimizada encontrada para a liberação de glicose e também sólidos solúveis, foi a condição onde utilizou-se ácido sulfúrico a 2,0 % m/v de concentração com o tempo de 40 minutos em autoclave, onde obteve-se uma concentração de 0,194 g glicose/g de palha de cana-de-açúcar e 3,2 °B. Com base nesses resultados, para uma posterior produção de etanol 2G, a matéria prima pré-tratada nesta condição otimizada deverá ser hidrolisada para a fragmentação dos polímeros em seus respectivos monômeros fermentescíveis, fermentada com microrganismos adequados e por fim destilada para a separação do etanol produzido.

## REFERÊNCIAS

CANILHA, L. Sacarificação da biomassa lignocelulósica através de pré hidrolise acida seguida por hidrolise enzimática: uma estratégia de “desconstrução” da fibra vegetal. **Revista Analytica**, n. 44, p. 48-53, 2010.

MILLER, G. L. *Use of Dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar.* **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-8, 1959.

SANTOS, F. A. *et al.* Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, v. 35, p. 1004-10, 2012.