



## Aproveitamento do resíduo agroindustrial melaço de soja para a produção de etanol

**Gabriele Kuhn Dupont<sup>1</sup>, Nataly Leidens<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Santo Ângelo  
(gabi-dupont@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Santo Ângelo  
(nataly@san.uri.br)

### **Resumo**

O processamento da soja, um dos principais cultivos do Brasil, gera grandes quantidades de um resíduo chamado melaço de soja, que é rico em açúcares. O objetivo deste trabalho foi avaliar o melaço de soja como substrato para a produção de etanol, através do processo de fermentação utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Os experimentos foram realizados em frascos com *airlock* e, ao longo do processo de fermentação, o teor de açúcares totais foi medido. Ao final, foi determinado o rendimento da produção de etanol. Os resultados mostraram que, após oito dias, o processo de fermentação encerrou, onde não foram mais observadas mudanças no teor de açúcares. Além disso, o rendimento na produção de etanol foi calculado como sendo na ordem de 45%. Portanto, a partir dos resultados obtidos, percebe-se que o melaço de soja pode ser utilizado de forma satisfatória na produção de etanol.

**Palavras-chave:** Melaço de Soja; Eanol; Fermentação.

**Área Temática:** Tema 12 – Tecnologias Ambientais.

## **Utilization of soybean molasses for ethanol production**

### **Abstract**

*The processing of soybeans, one of the main crops in Brazil, generates large amounts of a residue called soybean molasses, which is rich in sugars. The aim of this work was to evaluate soybean molasses as a substrate for ethanol production through fermentation process using *Saccharomyces cerevisiae* yeast. The experiments were carried out in airlock flasks and, throughout the fermentation process, the total sugars content was measured. In the end, the yield of ethanol production was determined. The results showed that, after eight days, the fermentation process ended, where no changes in the total sugar content were observed. In addition, the yield in ethanol production was calculated to be in the order of 45%. Therefore, from the obtained results, it is noticed that the soybean molasses can be used in the production of ethanol in a satisfactory way.*

**Key words:** Soybean Molasses; Ethanol; Fermentation.

**Theme Area:** Theme 12 – Environmental Technologies.



## 1 Introdução

A soja (*Glycine max (L.) Merrill*) é classificada como uma leguminosa granífera e, atualmente no Brasil tem sido o principal grão de cultivo em virtude de sua rentabilidade, como matéria-prima de maior produção entre as demais culturas do país (SANTOS, 2015). A soja também é considerada uma cultura versátil em relação ao seu plantio e em seu beneficiamento, pois pode ser empregada tanto na alimentação humana como animal (LOMAN; JU, 2016).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), no segundo trimestre de 2017, a produção da soja alcançou cerca de 115,0 milhões de toneladas. Diante desta relevante demanda e durante o processamento atual da soja, são geradas grandes quantidades de derivados e a partir deles consequentemente, uma demanda proporcional de resíduos. Isto, faz com que as indústrias invistam em pesquisas e desenvolvimento de novos produtos, transformando o farelo de soja, que é um subproduto da extração de óleo, rico em proteína, em concentrado proteico de soja. Durante a produção do concentrado proteico de soja, também é produzido um resíduo denominado melaço de soja, o qual detém considerável teor de carboidratos (LOMAN; JU, 2016).

O melaço de soja é um xarope viscoso de cor marrom e de sabor agrioce, e é composto principalmente de carboidratos solúveis, proteínas, lipídios (gorduras) e cinzas (SILVA et al., 2012; LOMAN; JU, 2016). Os carboidratos representam 57,3% da massa seca do melaço, e incluem principalmente sacarose (28,4%), que é um dissacarídeo fermentável para leveduras e também estaquiose (18,6%) e rafinose (9,68%), complexos que não são fermentáveis por muitos microrganismos devido à presença de ligações  $\alpha$ -1,6 (SIQUEIRA, et al., 2008).

A Figura 1 apresenta uma ilustração do melaço de soja.

Figura 1 – Melaço de soja.



Fonte: MILLENIUM (2014).

O melaço tem uma geração em torno de 200 kg a cada 800 kg de concentrado proteico de soja produzido (LETTI; KARP; WOICIECHOWSKI, 2012). Além disso, de acordo com Salakkama et al. (2017), são produzidas cerca de 14 milhões de toneladas de resíduos anualmente nas indústrias processadoras de soja, sendo que o volume deste subproduto atinge quantidades muito grandes.

À frente desse âmbito de geração de resíduos, seu descarte representa um problema significativo, posto que o melaço de soja durante sua degradação pode poluir os lençóis freáticos e o ar, pela formação de gases de matéria orgânica. Em vista disso, o melaço de soja tem sido aplicado em processos para produção de vários produtos, entre eles, destaca-se o álcool etílico (LOMAN; JU, 2016).



O álcool etílico ou etanol é um combustível alternativo, que tem ganhado importância por ser incorporado à gasolina como um aditivo em razão de sua combustão mais limpa e de sua renovabilidade. Além disso, o etanol pode ser facilmente produzido por rota fermentativa (SALAKKAMA et al., 2017). Desta forma, o melaço de soja contendo alto teores de açúcar, com quantidades relevantes de nitrogênio, nutrientes necessários durante a fermentação, torna-se um substrato alternativo para produzir etanol. Outra vantagem que favorece seu emprego como matéria-prima, é que o melaço por ser originado de uma fonte de recurso natural renovável, constitui-se como um resíduo agroindustrial de baixo custo, auxiliando ainda em seu direcionamento final (LETTI, KARP, & WOICIECHOWSKI, 2012).

O melaço de soja, segundo Siqueira (2008), contém alta concentração de açúcares, cerca de 57% em massa seca, como frutose, glicose e principalmente sacarose, tanto quanto estaquiode e rafinose. Entretanto, no melaço existem aproximadamente 47% de açúcares que não são diretamente fermentescíveis. Em vista disso, faz-se necessário o processo de hidrólise anteriormente ao da fermentação.

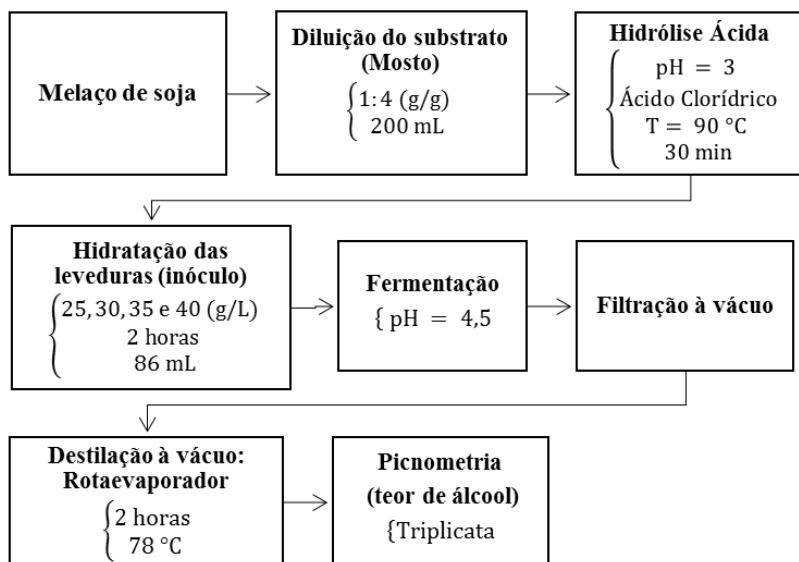
Para a fermentação, adiciona-se uma população de leveduras aos carboidratos, os quais serão transformados em etanol com liberação de dióxido de carbono. Atualmente, as linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* são as mais utilizadas em âmbito industrial. Já para o processo de hidrólise, utiliza-se da hidrólise ácida, considerada industrialmente mais viável em relação ao custo, em que se utiliza de ácido diluído ou concentrado para converter parte da celulose em açúcares fermentescíveis (Castro, 2010).

Diante desse contexto, este trabalho tem como finalidade principal o emprego do melaço de soja, um subproduto do processamento de soja, na produção de etanol, utilizando como processo de desconstrução da biomassa a hidrólise ácida, seguida da fermentação alcoólica, empregando *Saccharomyces cerevisiae* como agente de fermentação.

## 2 Metodologia

Prepararam-se 4 amostras de melaço de soja diluídas em água para obter-se uma solução de mosto de 200 mL, correspondente a 70% de cada amostra e separadamente preparou-se a solução de inóculo, condizente aos 30% restantes, em que foram hidratadas as leveduras da linhagem *Saccharomyces cerevisiae*. As etapas para a preparação da amostra e os processos fermentativos estão ilustrados na Figura 2.

Figura 2 – Etapas para produção de álcool a partir do melaço de soja.





## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

A amostras foram submetidas a fermentação em frascos com *airlock*, como o ilustrado pela Figura 3, sob agitação constante. Durante a fermentação foram coletadas amostras de 1 mL com o auxílio de uma seringa para verificar o teor de açúcares, expresso em °BRIX, ao longo do processo de fermentação, em refratômetro de bancada.

Figura 1 – Recipiente para fermentação



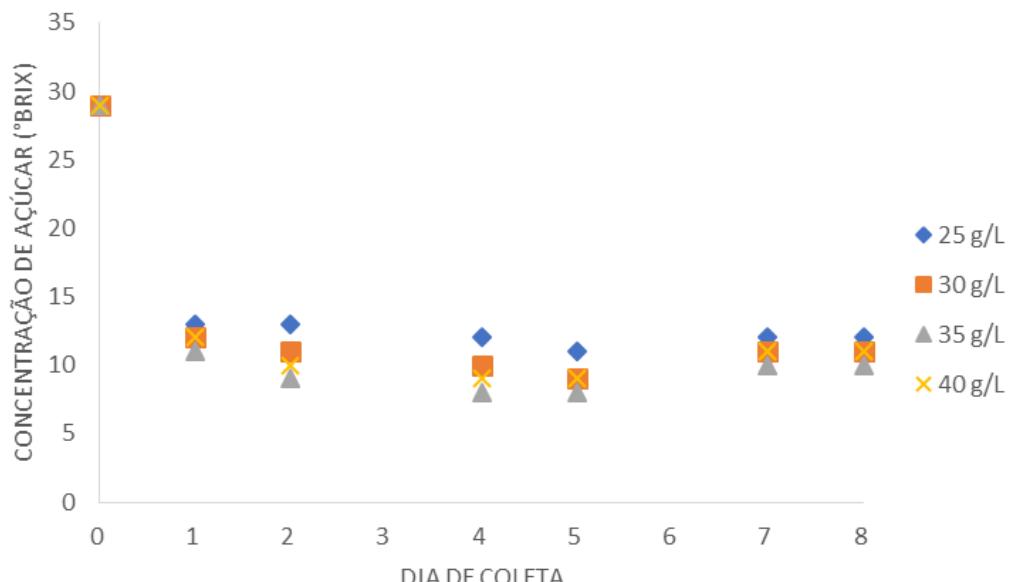
Fonte: Os Autores.

Com o destilado obtido, realizou-se a técnica da picnometria em picnômetros anteriormente calibrados, para verificar-se a massa específica de cada solução e por meio desta, averiguar o teor de álcool encontrado.

### 3 Resultados

Anteriormente aos processos fermentativos e nos dias indicados na Figura 4, com as amostras coletadas, verificaram-se as concentrações de açúcar em cada solução.

Figura 4 – Variação da concentração de açúcar com o tempo de fermentação em cada amostra.



Fonte: Os Autores.



Mediante os dados apresentados na Figura 4, pode-se verificar que após o primeiro dia de fermentação, ocorreu uma variação grande na concentração de açúcares e nos dias seguintes a variação foi mais lenta. Além disso, pode-se observar também que em todas as amostras a partir do sétimo dia houve um aumento na concentração de açúcares em todas as soluções, o que pode ter sido ocasionado pela diminuição na quantidade de álcool presente nos frascos fermentativos, uma vez que, estes por não se tratarem de recipientes idealmente adequados para este processo, não tiveram uma vedação suficiente, além de uma possível evaporação de parte do álcool já formado, em cada coleta. Apesar disso, pode-se dizer que a fermentação sucedeu positivamente, visto que uma grande parte dos açúcares converteu-se em etanol mesmo em recipientes adaptados.

Letti, Karp, & Woiciechowski (2012), realizou testes para comparar os rendimentos de fermentação utilizando o microrganismo *Zymomonas mobilis* NRRL 806 em frascos e em um reator de bancada. Por meio destes, foi possível obter produções de 24,2 e 29,3 g/L de etanol, respectivamente. Com isso, pode-se dizer que mesmo utilizando frascos como recipientes fermentativos, pode-se produzir quantidades importantes de álcool.

Em comparação às diferenças de concentração de levedura utilizadas em cada frasco, pode-se dizer que o consumo de açúcares foram próximos e assemelharam-se em alguns dias, destacando-se o quinto dia em que ocorreu uma maior conversão dos mesmos, sendo possível observar apenas uma maior discrepância entre o frasco da solução 1, em que empregou uma menor quantidade de microrganismo em relação as outras. Posto isso, pode-se afirmar que maiores concentrações de leveduras são necessárias, para uma melhor conversão em álcool. Isto, também foi observado em Romão (2011), que em suas condições de fermentação a partir de testes preliminares, verificou um melhor desempenho fazendo uso de uma concentração intermediária de 30 g/L de levedura. Ainda, como pode ser observado na Figura 4, a fermentação findou-se ao oitavo dia, quando verificou-se uma estabilização na variação da quantidade de açúcares nas soluções.

Sequencialmente à fermentação, realizou-se a filtração à vácuo e a destilação em rotaevaporador para obter-se uma solução com maior teor alcoólico para posteriormente verificar por meio do volume calibrado do picnômetro e a massa da solução, a massa específica experimental, como pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentração de etanol e água com base na massa específica encontrada.

Massa específica experimental (g/cm <sup>3</sup> )	% etanol	% água	Volume destilado (mL)	Volume etanol (mL)
1	0,9856	7,5	92,5	128
2	0,9879	6	94	137
3	0,967	24	76	75
4	0,9874	6,3	93,7	148,5

Fonte: Os Autores.

Com base na massa específica calculada para cada solução e de acordo com Brasil (2013), o destilado arrastou grandes quantidades de água, mas também relevantes quantidades de etanol, com destaque para o frasco contendo a solução 3, no qual com uma massa específica de 0,9670 g/cm<sup>3</sup>, que corresponde a 24% de etanol de um volume total de destilado de 75 mL, refere-se a 18 mL de etanol produzido. Com isso, pode-se dizer que dividindo-se o volume de etanol encontrado pela volume de melaço de soja emprego inicialmente, que foi de 40 mL, obteve-se um rendimento de cerca de 45%.

Maiores valores poderiam ter sido alcançados com melhores condições de vedação e de controle de temperatura. Todavia, mesmo com prováveis perdas de volume durante a filtração e possíveis evaporações durante os processos fermentativos, pode-se dizer que os



processos sucederam-se de forma relevante de modo a reutilizar um resíduo agroindustrial como o melaço de soja, na obtenção de um biocombustível como o etanol.

#### 4 Conclusão

O objetivo deste trabalho foi utilizar o melaço de soja, um resíduo originário do processamento e beneficiamento da soja, para a produção de etanol. Os resultados mostraram que foi necessário um período de oito dias para transformar os açúcares presentes no melaço de soja em etanol. Além disso, determinou-se que o rendimento na produção de etanol foi de 45%. A partir deste trabalho, foi possível constatar que o melaço de soja pode ser utilizado como substrato de fermentação para a produção de etanol, além do fato que este processo pode diminuir a necessidade de tratamento e disposição de um resíduo gerado em grandes quantidades.

#### Referências

- BRASIL, N. I. Introdução à Engenharia Química. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Interciência, 2013, p. 379.
- CASTRO, A. M.; PEREIRA JUNIOR, N. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova**, 33, 181-188, 2010.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das Sagfras Agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, 2017.
- LETTI, L. A.; KARP, S. G.; WOICIECHOWSKI, A. L. Ethanol production from soybean molasses by Zymomonas. **Biomass and Bioenergy**, 80-86, 2012.
- LOMAN, A. A.; JU, L.-K. Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of Process Biochemistry, 1046-1057, 2016.
- MILLENIUM. Melaço de soja. 2014. Disponível em: <<http://www.millenium.agr.br/produtos/melaco-soja.html>> Acesso em: 05 de Outubro de 2017.
- ROMÃO, B. B. **Produção de etanol por hidrólise ácida do melaço de soja**. 2011. 93 f. Dissertação (Pesquisa e desenvolvimento de Processos Químicos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- SALAKKAMA, A.; KINGPHOA, Y.; NAJUNHOMA, S.; AIAMSONTHIA, K.; KAEWLAOA, S.; REUNGSANGA, A. Bioconversion of soybean residue for use as alternative nutrient. **Biochemical Engineering Journal**, 65-72. 2017.
- SANTOS, C. S. **Processamento da soja (*Glycine max (L.) Merrill*): Um enfoque na qualidade de fabricação do óleo comestível**. 2015. Artigo apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Produção, Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade de Rio Verde, 2015.
- SIQUEIRA, P. F.; KARP, S. G.; CARVALHO, J. C.; STURM, W., RODRÍGUEZ-LEÓN, J. A.; THOLOZAN, J.-L.; SOCCOL, C. R. Production of bio-ethanol from soybean molasses by *Saccharomyces cerevisiae*. **Bioresource Technology**, 8156–8163. 2008.