

10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

## ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DE ETANOL A PARTIR DA SACAROSE EXTRAÍDA DA BETERRABA SACARINA

Jade de Carvalho Ferreira<sup>1</sup>; Jussara Maria Martins<sup>2</sup>; José Roberto Delalibera Finzer<sup>3</sup>

<sup>1, 2</sup> Universidade de Uberaba

<sup>1, 2, 3</sup> Universidade de Uberaba

[Jade\\_ferreira@hotmail.com](mailto:Jade_ferreira@hotmail.com); [jrdfinzer@uol.com.br](mailto:jrdfinzer@uol.com.br)

### Resumo

Atualmente existe uma grande necessidade de se manter o desenvolvimento, mas de forma sustentável, e nesse cenário que os biocombustíveis ganha cada vez mais destaque e importância. Devido a este fato o presente trabalho tem por objetivo produzir álcool etílico a partir da sacarose extraída de beterraba sacarina, determinando a proporção de inoculação do mosto à solução de levedura pré-ativada, visando obter um maior rendimento alcoólico no final do processo. Na extração da sacarose por desintegração utilizou-se 608 g de beterraba e 540 g de água a 25°C, obtendo após a filtração 995,8 g de mosto com 3,8 Brix. Na etapa da fermentação prepararam-se três amostras de 200 g, onde se variou a proporção de inoculação da solução de fermento no mosto obtido na extração. Na primeira amostra foi adicionado 20% de solução de fermento e 80% de solução de sacarose. A segunda amostra foi preparada utilizando 30% da solução de fermento e 70 % da solução de sacarose. Na terceira amostra foi adicionado 40% da solução de fermento e 60% da solução de sacarose. As três amostras foram mantidas na etapa de fermentação por 48 h na temperatura ambiente, e posteriormente foram submetidas a testes de teor alcoólico, Brix e densidade. Com os valores obtidos realizaram-se os cálculos de produtividade onde ficou evidenciado que a melhor proporção de inoculação foi a utilizada na segunda amostra. As

amostras também foram submetidas à destilação fracionada.

**Palavras-chave:** Rendimento alcoólico. Fermentação. Desenvolvimento sustentável.

### 1 Introdução

O Desenvolvimento de forma sustentável tornou-se algo essencial atualmente onde há uma grande preocupação em preservar o meio ambiente mas também há uma consciência de que o desenvolvimento não pode estagnar. Na busca por conciliar tais necessidade e que os biocombustíveis ganham cada vez mais destaque e importância no mundo atual.

Segundo a EMBRAPA (2007) a história dos biocombustíveis no Brasil começa a partir de testes pioneiros realizados, entre os anos de 1905 e 1925, com o álcool combustível, em 1931 no Brasil foi lançando um decreto estipulando a mistura de 5% de álcool na gasolina importada pelo país; sete anos depois, o decreto-lei nº 737 estende a obrigatoriedade da mistura de 5% de álcool também à gasolina produzida no Brasil.

Em 1973 devido a crise do petróleo, ressurgiu a procura por novas fontes de energia. Em 1975 Programa Nacional do Álcool (Proálcool), com função de regulamentar o uso de álcool anidro a gasolina para reduzir a importação de óleo cru e conter a crise (VIEIRA, 2002).

**10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016**

Na época também realizaram-se ações para aumentar a produção interna dos biocombustíveis.

No Brasil e na América Latina como um todo, em parte da África, na Índia e o no sudeste asiático a principal matéria-prima utilizada para produção de etanol é a cana-de-açúcar, pois esta apresenta grandes teores de sacarose, mas equipando-se a cana a beterraba sacarina, cultura largamente utilizada na Europa, essa também apresenta altos teores de sacarose. O processo produtivo de etanol a partir da sacarose extraída da beterraba sacarina se assemelha ao processo utilizado para produzir etanol utilizando cana-de-açúcar, sendo os subprodutos da extração da beterraba (melaço e polpa) empregados na alimentação animal ou como fertilizante orgânico e as folhas podem ser utilizadas como forragem (EMBRAPA, 2007).

A beterraba sacarina (*Beta Vulgaris*) é uma planta dicotiledonea da família das quenopodiáceas, uma planta adaptada ao clima temperado, geralmente cultivado entre os meses de abril a setembro. A planta contém em suas raízes uma elevada concentração de sacarose. (GARDÉ, 1978).

A nutrição do solo para produção da cultura afetará de maneira direta na quantidade e qualidade do produto final obtido. Segundo Tivelli et al. (2011) a produtividade de beterraba quando utilizado doses de nitrogênio (0 a 200 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de sulfato de amônio aumentam, o valor máximo das raízes de beterraba foi atingida em estudo com 92 kg de Nitrogênio• ha<sup>-1</sup> em cobertura.

A beterraba sacarina por apresentar altos teores de sacarose na faixa de 16 a 21% consiste numa possível alternativa a produção de etanol no Brasil. Devido a este fato o presente trabalho tem por objetivo produzir álcool etílico por processo fermentativo a partir da sacarose extraída da beterraba sacarina

determinando a proporção de inoculação do mosto a solução de levedura pre-ativada visando obter um maior rendimento alcoólico no final do processo..

**2 Materiais e Métodos**

Para produção do álcool etílico, a partir da sacarose extraída da beterraba sacarina, por meio fermentativo, foi necessário realizar o plantio das sementes de beterraba visando a obtenção de matéria-prima para o experimento. Testes práticos e estudo bibliográfico evidenciaram a necessidade de adubação do solo para melhor resultado do plantio, os pesquisadores testaram o uso de 0,200 kg de sulfato de amônio por hectare, além de adubação orgânica de origem animal (MACHADO, 2013). Como resultado final obteve-se que de 10 sementes plantadas 7 germinaram.

Na extração da sacarose da beterraba Sacarina, utilizou-se 608 g de beterraba para 540 g de água os quais foram submetidos a desintegração mecânica estando a água a 25°C (FERREIRA, 2015). Do mosto obtido foi retirado uma amostra para determinação do açúcares redutores e açúcar redutores totais segundo a metodologia descrita no Anexo 1 (PEDRO, 2012). O restante do mosto foi submetido a fermentação.

Inicialmente preparou-se a solução de fermento, onde foi adicionado 10 g da levedura *Saccharomyce cerevisiae* de marca Fleischmann a 100 mL de água aquecida a 40°C. A mistura foi mantida nessa temperatura por 2 h visando a pre-ativação das leveduras (ANDRIETTA, 2014). Na etapa de fermentação foram preparadas 3 amostras de 200 g, onde variou-se a proporção em que inoculou-se a solução de fermento e o mosto obtido na extração, visando determinar a proporção de inoculação do mosto em que se obtém o maior rendimento alcoólico após a fermentação.

## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

Na amostra 1 foi adicionado 20% de solução de fermento e 80 % de solução de sacarose, ou seja adicionou-se 40 g de solução de fermento a 160 g de solução de sacarose. A amostra 2 foi preparada com 30% da solução de fermento e 70 % da solução de sacarose, ou seja inoculou-se em 140 g de solução de sacarose com 60 g de solução de fermento. Já amostra 3 foi adicionado 40 % da solução de fermento e 60 % da solução de sacarose, ou seja foi inoculado 120 de solução de sacarose com 80 g de solução de fermento com. As três amostras foram mantidas na etapa da fermentação por 48 h.

Após o período de fermentação foram realizados testes de densidade, teor alcoólico e Brix nas três amostras, que posteriormente foram submetidas a destilação fracionada. O material obtido na destilação e o resíduo da operação também foram submetidos a análise de densidade e teor alcoólico.

### 3 Resultados

No plantio das sementes de beterraba sacarina obteve-se uma melhora na germinação após a correção do solo, onde das 10 sementes plantadas 7 germinaram. Antes da correção do solo de 10 sementes plantadas apenas 3 germinaram (FERREIRA, 2015).

Na etapa de extração da sacarose da beterraba sacarina por desintegração utilizou-se 608 g de beterraba e 540 g de água a 25°C suficiente para formação de uma polpa homogênea. Posteriormente a solução foi filtrada utilizando um filtro de algodão, onde obteve-se 995,8 g de mosto com Brix de 3,8, restando 129,5 g de borra. A diferença refere-se a material aderido ao tecido de filtração.

#### Determinação do AR e ART

Realizou-se a padronização do licor de Fehling conforme a metodologia de Pedro (2012), encontrando como volume

gasto na titulação 25,5 mL de açúcar invertido para titular a massa padronizada de licor de Fehling.

$$F = \frac{25,64}{v}$$

$$F = \frac{25,64}{25,5} = 1,005$$

Após a padronização do licor de Fehling procedeu-se com a determinação do AR conforme a metodologia de Pedro (2012). Como resultado obteve-se um valor de volume de solução de açúcar gasto na titulação de 25,3 mL. Utilizando o valor obtido calculou-se os açúcares redutores conforme a equação abaixo.

$$\% AR = \frac{5}{V} \cdot F$$

$$\% AR = \frac{5}{25,3} \cdot 1,005 = 0,9\%$$

Para a determinação dos açúcares redutores totais utilizou-se os dados obtidos da amostra 1, após essa ser fermentada e destilada. A amostra 1 apresentou 63,8% (em massa) de teor alcoólico, e um volume 14 mL. Primeiro procedeu-se com o cálculo da massa específica da amostra (ME), na temperatura de 25°C (FINZER, 2007).

$$D = -0,027441 \cdot INPM^2 + 2,369 \cdot INPM + 826,849$$

$$D = -0,027441 \cdot 63,8^2 + 2,369 \cdot 63,8 + 826,849$$

$$D = 866,2942 \frac{kg}{m^3} \text{ ou } 0,866229 \frac{g}{mL}$$

Após a determinação da massa específica procedeu-se com o cálculo da massa de solução de álcool utilizando o volume da amostra.

$$d = \frac{m}{V}$$

$$0,866229 = \frac{m}{14}$$

$$m = 12,1228 \text{ g}$$

## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

Utilizando a porcentagem de teor alcoólico encontrou-se a massa de álcool.

$$m = 12,1228 \cdot 0,638 = 7,73 \text{ g de álcool}$$

Com o valor de massa encontrado calculou-se a massa de ART, através da relação existente entre massa de etanol e massa de ART (Finzer,2007).

$$M = \frac{180}{92} \cdot 7,73 = 15,12 \text{ g de ART}$$

Obteve-se um resultado de 15,62 g de ART, nos 160 mL de solução de sacarose utilizado na amostra.

Quantidade de ART nos 996 mL de mosto extraído

$$ART_{mosto} = \frac{996}{160} \cdot 15,12 = 94,12 \text{ g}$$

Porcentagem de sacarose na beterraba

$$\text{Porcentagem} = \frac{94,12}{608} \cdot 100 = 15,5\%$$

Com material obtido na extração preparou-se três amostras de 200 g cada onde variou-se proporção em que inoculou-se a solução de fermento pré-ativada, com a solução de sacarose obtida na extração. Todas as amostras foram mantidas por 48 h na etapa de fermentação.

Etapa de fermentação

Na Amostra 1, utilizou-se 20 % de solução de fermento pré-ativada conforme a metodologia e 80 % de solução de sacarose. Na Amostra 2 utilizou-se 30% de solução de fermento pré-ativada para 70 % de solução de sacarose. Na Amostra 3 utilizou-se 40% de solução de fermento pré-ativada para 60% de

solução de sacarose. Após o período de fermentação realizou-se análises de densidade, teor alcoólico e Brix nas 3 amostras, os resultados obtidos foram organizados na Tabela 1.

**Tabela 1- Resultados das análises nas amostras após a fermentação**

Amostras	Densidade (g/ml)	Teor alcoólico (gl)	Brix
Amostra 1	0,9914 g/ml	9 GL	2,3
Amostra 2	0,99246g/ml	8 GL	2
Amostra 3	0,99323g/ml	7 GL	2,1

Utilizando os dados obtidos das análises no material após a fermentação realizou-se os cálculos de produtividade, para determinação da amostra em que se obteve o maior rendimento alcoólico.

Calculo da produtividade para Amostra 1

$$P \equiv \frac{D \cdot V1 \cdot AM}{Vs}$$

Onde

D≡ Densidade (g/ml)

V1≡ Volume da solução fermentada (ml)

AM≡ Porcentagem de álcool em massa.

Vs≡ Volume de solução de sacarose utilizada na inoculação com o fermento(L)

$$P = \frac{0,9914 \cdot 191 \cdot 0,072}{0,16} = 85,2 \text{ g álcool/ L de solução}$$

## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

### Calculo da produtividade para Amostra 2

$$P \equiv \frac{D \cdot V1 \cdot AM}{V_s}$$

$$P \equiv \frac{0,99246 \cdot 196 \cdot 0,064}{0,14} \equiv 88,9 \text{ g álcool/ L de solução}$$

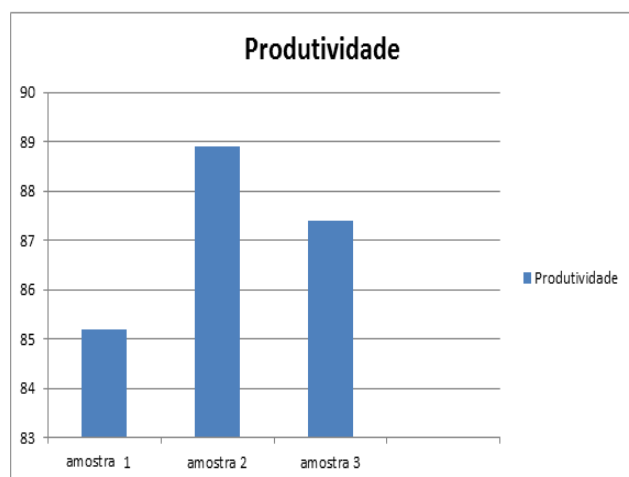
### Calculo da produtividade para Amostra 3

$$P \equiv \frac{D \cdot V1 \cdot AM}{V_s}$$

$$P \equiv \frac{0,99323 \cdot 192 \cdot 0,055}{0,12} \equiv 87,4 \text{ g álcool/ L de solução}$$

Portanto a Amostra que maior obteve produtividade foi a Amostra 2 , onde inoculou-se 30% de solução de fermento com 70% de solução de sacarose, o que fica evidenciado no Gráfico 1.

**Figura 1 - Gráfico da produtividade das Amostras**



### Etapa de destilação

As amostras obtidas na fermentação foram submetidas a destilação fracionada.

O material destilado das três amostras foram submetidos a análises de densidade, teor alcoólico, bem como os resíduos das três etapas, os dados obtidos foram organizados na Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2- Resultados dos destilados das amostras após a Destilação.**

Amostra	Densidade (g/ml)	Teor alcoólico (GL)
Amostra 1	0,90207	63,8
Amostra 2	0,9622	31,4
Amostra 3	0,9679	26,7

**Tabela 3- Resultado das análises nos resíduos do processo de destilação**

Amostra	Densidade (g/ml)	Teor alcoólico (GL)
Amostra 1	1,004	0
Amostra 2	1,011	0
Amostra 3	1,005	0

## 4 Discussão

Para o desenvolvimento do projeto de estudo fez-se necessário o plantio das sementes de beterraba sacarina obtendo-se assim matéria prima para o processo de produção do álcool etílico, durante essa fase a principal dificuldade enfrentada foi encontrar a melhor forma de plantio onde ficou evidenciado a necessidade de correções no solo para uma maior eficiência na produção. Os testes foram realizados adubando com sulfato de amônio obtendo 70 % de germinação das sementes plantadas.



## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

No processo de fermentação variou-se a proporção de inoculação da solução de fermento pré-ativada com o mosto extraído, posteriormente realizou-se diversos teste onde ficou evidenciado que a melhor proporção foi a utilizada na amostra 2. Nota-se que as variáveis utilizadas durante o processo influenciaram de maneira direta o teor alcoólico obtido ao final.

### 5 Conclusão

O projeto de estudo objetivou-se a determinação da proporção de inoculação do mosto a solução de levedura pré-ativada visando obter maior rendimento alcoólico ao final da etapa de fermentação. Para possibilitar o estudo realizou-se o plantio das sementes de beterraba sacarina efetuando a correção do solo com 0,200 kg de sulfato de amônio por hectare, além de adubação orgânica de origem animal (MACHADO, 2013), obtendo-se 7 beterrabas das 10 sementes plantadas. Realizou-se a extração da sacarose obtendo um mosto com 8,43% de sacarose efetiva, o qual foi utilizado para preparo das três amostras com porcentagem de inoculação diferentes a amostra 2 apresentou maior produtividade, foi com utilização de 30% de solução de levedura para 70% de mosto. A proporção de inoculação de 30% de solução de levedura pré-ativada para 70% de mosto, está de acordo com o indicado na literatura (ANDRIETTA, 2014).

Portanto utilizando-se a proporção indicada na literatura obteve-se maior rendimento alcoólico. Assim a beterraba sacarina consiste em uma possível alternativa para produção de álcool etílico, tendo ainda alguns obstáculos a serem superados, entre eles o menor ganho energético com a queima do bagaço resultante do processo produtivo, evidenciando a necessidade de direcionar

estudos para superar tais obstáculos. Deve-se ressaltar que a beterraba sacarina apresenta uma grande concentração de sacarose, tendo portanto um grande potencial energético.

### Referências

As ANDRIETTA, Silvio. Comunicação pessoal. 2014

EMBRAPA. **Biocombustíveis**. São Paulo: Setprint Gráfica e Editora, 2007. 45 p.

FERREIRA, Jade Carvalho. Fermentação de sacarose extraída da Beterraba Sacarina (Beta Vulgaris L.). In: ENCONTRO TECNOLÓGICO (ENTEC), 9., 2015, Uberaba. **Anais...** . Uberaba: Uniube, 2015. v. 1, p. 1 - 4.

FINZER, José Roberto Delalibera. **Fabricação do Açúcar e do Álcool**. Uberaba: Biblioteca Dora Sivieri-fazu, 2007. 70 p.

GARDÉ, Alberto H.. **Beterraba sacarina**. 5. ed. Santelmo: Agricultura Moderna, 1978. 94 p.

MACHADO, Leonardo de Oliveira. **Adubação nitrogenada**. 2013.

PEDRO, Fernando. **Práticas em Análises em controle e qualidade dos produtos sucroalcooleiros**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2013. 45 p.

TIVELLI, Sebastião Wilson et al. **Beterraba: Do plantio a comercialização**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2011. 45 p.

VIEIRA, Maria Célia Azeredo. **Setor Sucroalcooleiro Brasileiro: Evolução e Perspectivas**. BNDES, 2002. 40 p.