

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA (MODALIDADE INTEGRADO)

GABRIEL WEBER BALBINOT
JULIANO CEZAR RIBEIRO LIMA
MARCO ANTÔNIO DALL' IGNA PAIM
MATHEUS HENRIQUE ANDRUKIU WILTNER

Produção de etanol de segunda geração

Projeto de Pesquisa
Conectando os Saberes
Curso Técnico em Química (modalidade: Integrado): 5ª Fase

JARAGUÁ DO SUL

2017

GABRIEL WEBER BALBINOT
JULIANO CEZAR RIBEIRO LIMA
MARCO ANTÔNIO DALL' IGNA PAIM
MATHEUS HENRIQUE ANDRUKIU WILTNER

Produção de etanol de segunda geração

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo
formativo diversificado “Conectando os
Saberes” do Curso Técnico em Química
(Modalidade: Integrado) do Instituto Federal
de Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul.

Coordenador: Juliano Maritan

Orientador: Juliano Maritan.

JARAGUÁ DO SUL

2017

SUMÁRIO

1. TEMA.....	4
1.1 Delimitação do tema.....	4
2. PROBLEMA.....	4
3. HIPÓTESES.....	4
4. OBJETIVO.....	4
4.1 Objetivo geral.....	4
4.2 Objetivos específicos.....	5
5. JUSTIFICATIVA.....	5
6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
6.1 Cana-de-açúcar.....	6
6.1.1 Características Principais.....	6
6.1.2 Composição química e morfológica da palha da palha da cana-de-açúcar.....	7
6.2 Etanol de primeira e segunda geração.....	9
6.3 Formas de produção.....	10
6.4 Fases da Metodologia.....	11
6.4.1 Pré-tratamento.....	12
6.4.2 Hidrólise enzimática.....	12
6.4.2.1 Obtenção da celulase.....	13
6.4.3 Fermentação.....	13
6.4.4 Purificação.....	13
7. METODOLOGIA.....	11
7.1 Pré-tratamento.....	12
7.2 Hidrólise enzimática.....	12
7.3 Fermentação.....	13
7.4 Purificação.....	13
8. CRONOGRAMA.....	14
9. REFERÊNCIA.....	15

1. TEMA

Produção de etanol de segunda geração.

1.1. Delimitação do tema

Produção de etanol de segunda geração da palha da cana-de-açúcar no laboratório do Instituto Federal de Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Centro.

2. PROBLEMA

É possível produzir etanol de segunda geração a partir da palha de cana-de-açúcar nos laboratórios do IFSC?

3. HIPÓTESES

- É possível produzir etanol de segunda geração a partir da palha da cana-de-açúcar no laboratório do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul- Centro;
- É possível aplicar a metodologia utilizada com bagaço da cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração, utilizando a palha da cana-de-açúcar;

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Produzir etanol de segunda geração no laboratório do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Centro.

4.2 Objetivos específicos

- Averiguar se a metodologia utilizada no bagaço da cana-de-açúcar pode ser aplicada a palha da cana-de-açúcar;

- Demonstrar um dos meios de produção de etanol de segunda geração;

5. JUSTIFICATIVA

A importância da cana-de-açúcar salienta-se pela sua gama de possibilidades de utilização, podendo ser empregada “in natura”, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de açúcar, álcool entre outros. Seus resíduos também têm grande importância econômica: o vinhoto é transformado em adubo e o bagaço, subproduto da indústria sucroalcooleira, pode ter vários usos, dentre eles, como combustíveis, como biomassa sorvente, como veículo para ração animal, dentre outros (SILVA et. al.,2007).

Em áreas de colheita de cana crua são deixadas sobre o solo de 5 a 20 toneladas de palha por hectare. A quantidade de palha deixada no solo é dependente do ambiente como também da facilidade de despalha do colmo, hábito de crescimento da touceira, uniformidade em altura e tamanho dos ponteiros, produtividade e desenvolvimento da cana (ROSSI et. al. apud Manechini, 1997).

A tecnologia de produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil cresceu muito nos últimos trinta anos (MACEDO, 2007). Nos próximos dez a vinte anos, o uso mais eficiente da biomassa da cana poderá aumentar significativamente a gama de produtos e seu valor (MACEDO, 2007). A cana-de-açúcar aparece como a matéria-prima ideal para essas futuras “biorrefinarias” pelo seu custo relativamente baixo, grande disponibilidade e pelo mix de um terço de sacarose com dois terços de material lignocelulósico pré-processado (MACEDO, 2007).

A palha de cana-de-açúcar se destaca como fonte energética. A mesma apresenta grande potencial para geração de calor, eletricidade e produção de etanol celulósico. O aproveitamento desta deverá ocupar um lugar de destaque como matéria-prima para a produção de etanol combustível. De acordo com Ripoli (2012), uma tonelada de palha equivale a algo entre 1,2 a 2,8 EBP (equivalentes barris de petróleo). Conseqüentemente, a não utilização dessa biomassa infringe em um desperdício energético.

A cana-de-açúcar para produção de álcool é o insumo que garante a maior

produtividade com custo de produção consideravelmente inferior ao etanol produzido nos demais países. O custo de produção do etanol brasileiro é de US\$ 0,22/L contra US\$ 0,35/L para esse combustível produzido pelos Estados Unidos, a partir do milho, por exemplo (PACHECO apud VIEGAS, 2011).

A produção de etanol de segunda geração vem tendo um grande avanço nas indústrias, desta forma, considerando a importância da produção industrial de álcool e a utilização da palha resíduo da cana-de-açúcar, este trabalho se propõe a verificar a possibilidade de produção de etanol de segunda geração a partir da palha da cana de açúcar no laboratório do Instituto Federal de Santa Catarina campus Jaraguá do Sul, Centro.

6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

6.1 Cana-de-açúcar

6.1.1. Características principais

A cana-de-açúcar é uma gramínea da família Poaceae, representada pelo milho, sorgo, arroz entre outras gramíneas. As principais características dessa família são a forma da inflorescência (espiga), o crescimento do caule em colmos, e as folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainha aberta (NUNES DA SILVA, 2017).

A cana-de-açúcar, de acordo com Nunes da Silva(2017), pode ser classificada dessa maneira:

Divisão – *Magnoliophyta*;

Classe – *Liliopsida*;

Ordem – *Graminales*;

Família – *Poaceae*;

Gênero – *Saccharum*;

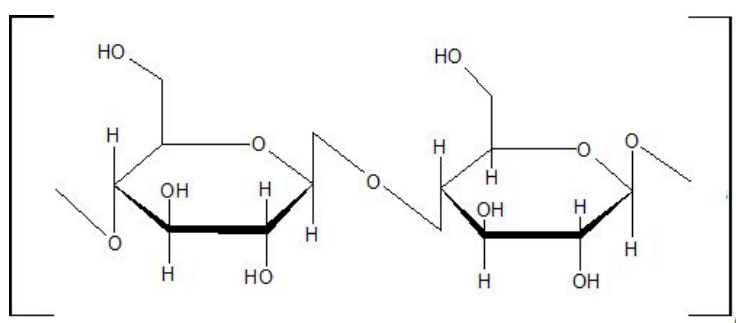
Espécie – *Saccharum officinarum*, *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinensis*, *Saccharum barberi* e *Saccharum robustum*.

A espécie que se pretende utilizar neste trabalho é com a *Saccharum officinarum* constituída pelas chamadas canas nobres. Apresenta alto teor de açúcar e baixa porcentagem de fibra. São consideradas canas tropicais, por seus colmos grossos (3,5 cm ou mais de diâmetro) e o sistema radicular reduzido e superficial. São exigentes quanto ao clima e ao solo e são suscetíveis a doenças como o mosaico e serem resistentes a inúmeras outras, segundo Laiá (2009) os genótipos mais conhecidos desta espécie e que foram as mais plantadas no Brasil são conhecidas como: Riscada, Roxa, Cristalina, Manteiga, Caiana e Preta (NUNES DA SILVA, J. P. ; NUNES DA SILVA, M. R. 2017).

6.1.2 Composição química e morfológica da palha da cana-de-açúcar

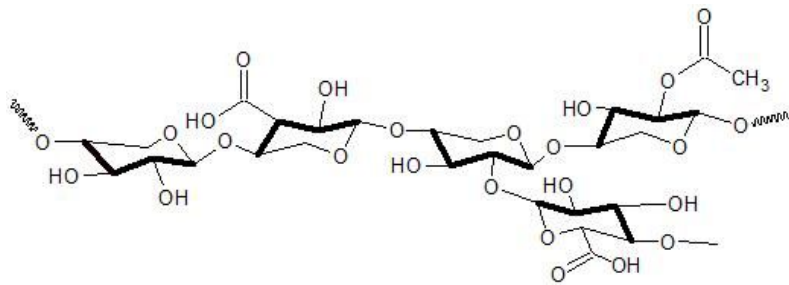
A composição química da palha seca da cana-de-açúcar consiste em celulose ((C₆H₁₀O₅)_n) sendo 44,5 ± 0,5 (%), com estrutura mostrada na Figura 1, polioses 30,4 ± 0,3 (%), com estrutura mostrada na Figura 2, lignina (C₉H₁₀O₂, C₁₀H₁₂O₃, C₁₁H₁₄O₄) 12,3 ± 0,2 (%), com estrutura mostrada na Figura 3, cinzas 7,5 ± 0,3 (%), e extrativo como, por exemplo, ciclohexano/etanol 3,7 ± 0,1 (%). Já morfológicamente, a palha é parecida com as folhas mudando apenas na quantidade de sílica contidas principalmente nas células buliformes (GÓMEZ et al., 2010).

Figura 1. Fórmula estrutural da celulose



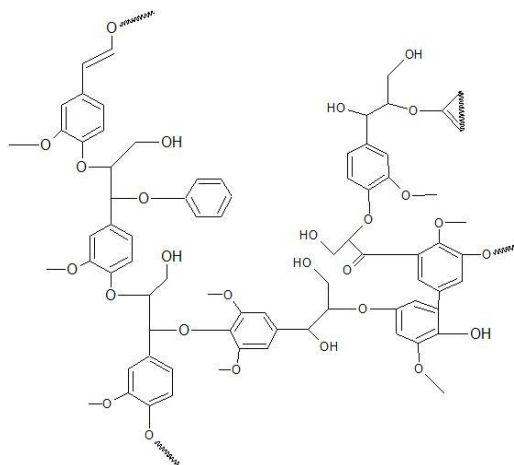
Fonte: Domínio comum (imagem criada utilizando-se o programa ChemSketch).

Figura 2. Fórmula estrutural da poliose



Fonte: Domínio comum (imagem criada utilizando-se o programa ChemSketch).

Figura 3. Fórmula estrutural da lignina



Fonte: Domínio comum (imagem criada utilizando-se o programa ChemSketch).

6.2. Etanol de primeira e segunda geração

De acordo com Brassolatti (2016, p. 1), o “etanol de primeira geração é o sistema tradicional, em que o etanol é produzido através do caldo da cana. O etanol de segunda geração é produzido a partir da palha e do bagaço da cana.”

O etanol de primeira geração pode ser feito utilizando-se de diversas plantas cultivadas e comercializadas no Brasil, como por exemplo o milho, a beterraba, a mandioca e o trigo. (BRASSOLATTI, et al, 2016, p. 2).

Segundo dados Embrapa (2015), a produtividade varia de seis a oito mil litros de etanol por hectare. O custo de obtenção do etanol a partir da cana-de-açúcar é o mais baixo do mundo. A eficiência de conversão dos açúcares em etanol tem aumentado muito com as descobertas de novas bactérias que auxiliam a fermentação. (BRASSOLATTI, et al, 2016, p. 2).

No Brasil, o etanol de segunda geração permite a obtenção de etanol a partir da celulose presente no bagaço da cana-de-açúcar (excedente da produção de energia para a usina) bem como da palha descartada na colheita. Estudos apontam que apenas um terço da cana, ou seja, o caldo é aproveitado para a produção de açúcar e etanol, o restante constitui-se do bagaço e da palha. A tecnologia da hidrólise ácida enzimática, aplicada à celulose desta biomassa, propicia em ganhos produtivos de etanol até 50% (BRASSOLATTI, et al, 2016, p.3).

Segundo Brassolatti (2016), esta tecnologia está sendo implantada no setor sucroalcooleiro para aumentar a produtividade. A palha é uma das biomassas capazes de gerar mais etanol, é obtida pela colheita da cana crua. Atualmente a queima da cana-de-açúcar é proibida pela Lei da Queima da Cana (Lei nº 11.241/2002), desta forma, tem-se um aumento da colheita da cana crua.

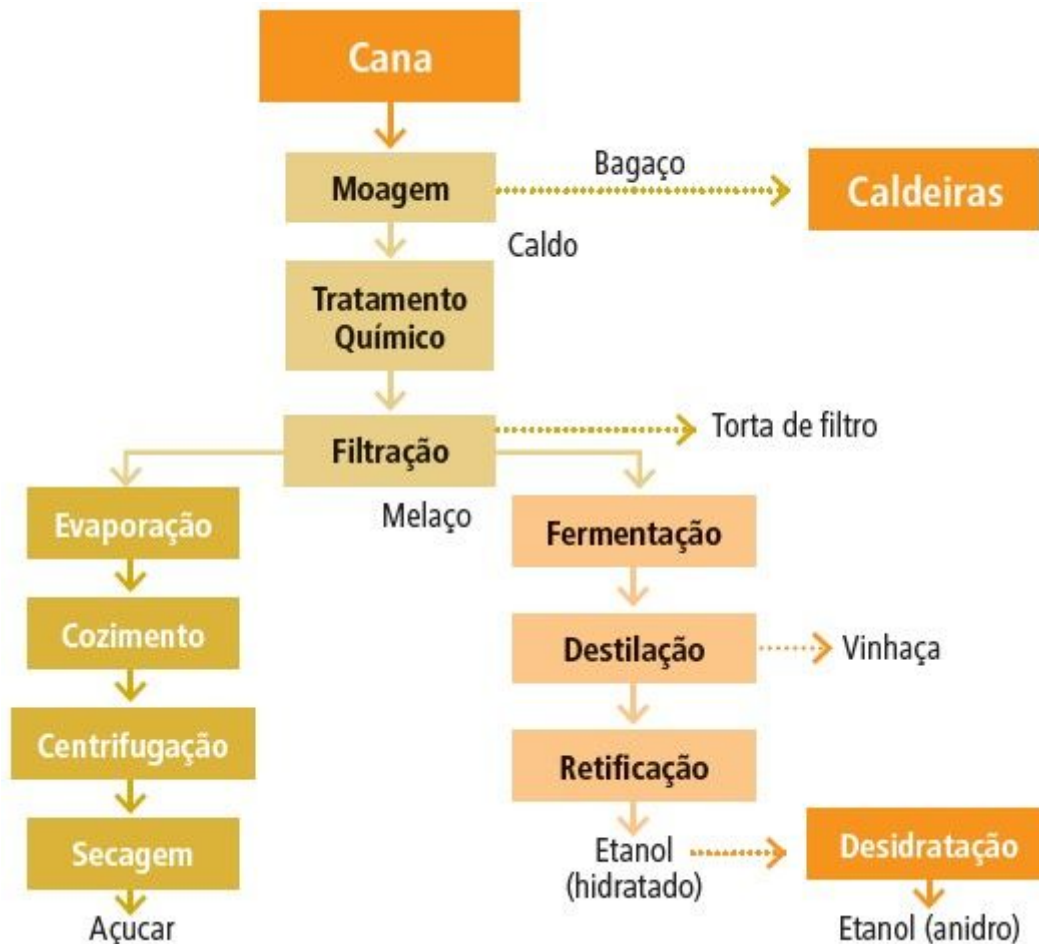
6.3 Formas de produção

No Brasil, o etanol é produzido a partir da cana de açúcar, o mesmo também pode ser produzido a partir de amiláceas, tais como batatas, beterrabas, milho, entre outros. O álcool é produzido a partir do caldo da cana para a produção do chamado etanol celulósico (obtido a partir do bagaço e da palha da cana) (FARIAS, 2009, pág 14 e 7).

Os processos de produção de etanol a partir de materiais lignocelulósicos envolvem processos como hidrólise de celulose. Para realização dos processo é necessário grande conhecimento de sua totalidade, sabendo as operações que ocorrem simultaneamente (Rosa; Garcia, 2009, p.19).

O fluxograma a seguir mostra uma possível rota para a produção do etanol e para a obtenção do açúcar através da cana:

Fluxograma 1: Possível rota para a produção do etanol e para a obtenção do açúcar através da cana.



Fonte: <http://www.portaldobiogas.com/fabricacao-de-acucar-e-etanol-partir-da-cana-de-acucar/>

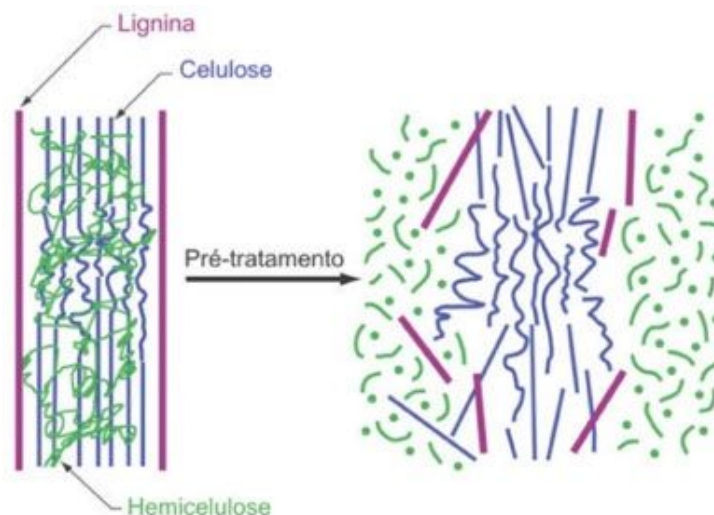
6.4 Etapas da Metodologia

6.4.1 Pré-tratamento

Os processos de pré-tratamentos de materiais lignocelulósicos, podem ser térmicos, químicos, físicos, biológicos ou uma combinação de todos esses, o que dependerá do grau de separação requerido e do fim proposto (FERRAZ et al., 1994).

O objetivo do pré-tratamento é remover a hemicelulose e a lignina, reduzir a cristalinidade da celulose e aumentar a porosidade dos materiais (SUN & CHENG, 2005). A Figura 4 representa, de forma generalizada, a ação do pré-tratamento sobre o material lignocelulósico.

Figura 4. Representação esquemática da ação do pré-tratamento sobre o material lignocelulósico.



Fonte: (MOSIER et al., 2005)

O pré-tratamento utilizado neste projeto será através de ácido diluído, pois os pré-tratamentos catalisados por ácidos têm sido considerados um dos mais efetivos, além de economicamente viáveis (REZENDE et al., 2011). Estes pré-tratamentos podem ser conduzidos com ácidos concentrados ou diluído, mas a utilização de ácidos concentrados têm sido evitada devido à formação de compostos inibidores (ALVIRA et al., 2010). As modificações estruturais promovidas pelo pré-tratamento ácido tem efeito bastante positivo sobre uma subsequente hidrólise enzimática do material lignocelulósico. Portanto, a combinação destas duas hidrólises tem sido muito utilizada para aumentar o rendimento da sacarificação de materiais lignocelulósicos (GEDDES et al.,2010; SANTOS et al.,2011; GÓMEZ et al.,2010).

6.4.2 Hidrólise enzimática

As celulasas são enzimas envolvidas na hidrólise enzimática de biomassas de origem vegetal, que desempenham uma função de grande importância biotecnológica. Trata-se da hidrólise da biomassa vegetal presente em resíduos lignocelulósicos da agricultura, com a finalidade de se obter xaropes de açúcares fermentescíveis (TEIXEIRA et al., 2000). Os três maiores grupos de celulasas que estão envolvidas no processo de hidrólise são: endoglucanases, exoglucanases e

β -glicosidase (SUN & CHENG, 2002).

As endoglucanases agem de forma aleatória, clivando ligações beta dentro da molécula da celulose, as celobiohidrolases (exoglucanases) removem as unidades de celobiose a partir das extremidades redutoras da cadeia da celulose e a β -glicosidase quebra a celobiose em duas unidades de glicose (LIMA et al., 2005).

De acordo com Sun e Cheng (2002), a conversão de compostos lignocelulósicos a etanol é dividida em dois principais processos, a hidrólise da celulose para produzir açúcares simples e a fermentação destes por via microbiológica. A hidrólise é usualmente catalisada pelas enzimas celulases, e a fermentação realizada por leveduras e bactérias. Os fatores que afetam a hidrólise da celulose incluem a porosidade (área de superfície acessível) do material lignocelulósico, cristalinidade da fibra de celulose, e o conteúdo de hemicelulose. O conteúdo de hemicelulose e lignina dificulta o acesso da celulase à celulose, diminuindo a eficiência da hidrólise, efeito tal que pode ser minimizado pela remoção destes componentes, pela redução da cristalinidade e pelo aumento da porosidade em processos de pré-tratamentos do material do qual se quer obter etanol (McMILLAN et al., 1999).

6.4.3 Fermentação

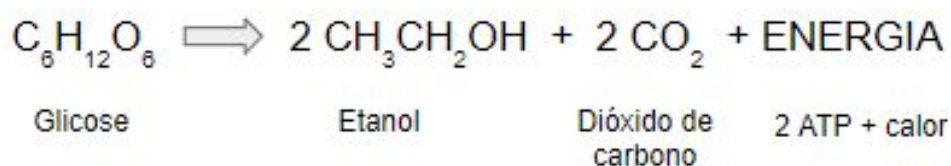
Segundo Silva, Jesus e Couto (2010), a fermentação alcoólica é a transformação de açúcares (glicose) em álcool etílico (etanol) e gás carbônico (CO₂) como ilustrado na Figura 5, pela ação de um determinado grupo de organismos. No caso do etanol de segunda geração, a glicose é obtida da etapa anterior, pela hidrólise enzimática.

Segundo Novacana (2006), o licor obtido no processo de hidrólise é submetido a uma fermentação alcoólica, feita em dornas agitadas, que são reatores com agitadores para processamento do etanol. Podem ser empregadas a levedura *Saccharomyces cerevisiae* como agente de fermentação, devido a suas características que o tornam eficiente para fermentação industrial de açúcares redutores a etanol.

Para Pacheco (2011), a seleção de linhagens e melhoria das características de microrganismos garantem maior eficiência fermentativa, ou seja, a velocidade de

fermentação é maior, bem como a eficiência de conversão, resistência ao álcool, pH e antissépticos.

Figura 5. Fermentação alcoólica:



Fonte: Acervo pessoal

6.4.4 Purificação

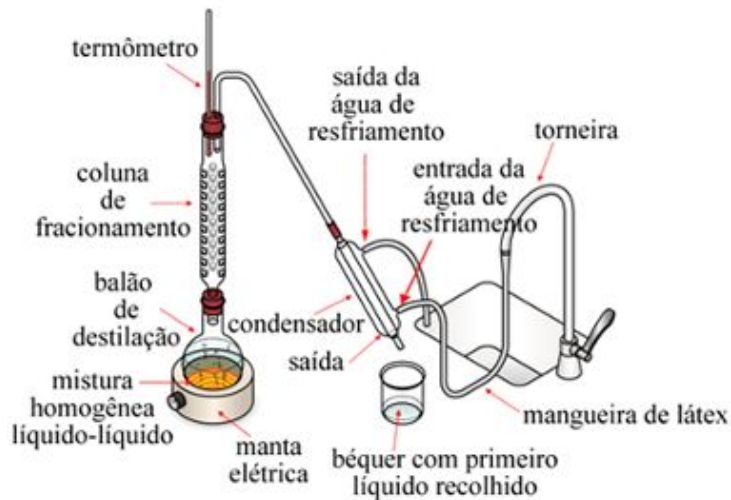
Segundo Silva (2017), para obtenção de etanol industrial com concentração acima de 96% de álcool em volume, isento de impurezas, fraciona-se o destilado em álcool de primeira e álcool de segunda, separando-se os álcoois superiores como subproduto e os outros componentes secundários (aldeídos, bases voláteis, ésteres e ácidos).

A purificação do etanol, denominada retificação, industrialmente é processada de forma contínua por destilações sucessivas em várias colunas, denominadas colunas depuradoras, destiladoras, retificadoras e de repasse final (SILVA, 2017).

A destilação fracionada é usada para a separação de dois ou mais líquidos de diferentes pontos de ebulição. A Figura 6 mostra o esquema para uma destilação fracionada, o qual contém uma coluna de fracionamento, que consiste essencialmente de um longo tubo vertical através do qual o vapor sobe e é parcialmente condensado. O condensado escoar pela coluna e retorna ao balão. Dentro da coluna, o líquido, que volta, entra em contato direto com o vapor ascendente e ocorre um intercâmbio de calor, pelo qual o vapor é enriquecido com o componente mais volátil. Então, na prática, é comum empregar uma coluna de fracionamento para reduzir o número de destilações necessárias para uma separação razoavelmente completa dos dois líquidos. Uma coluna de fracionamento é projetada para fornecer uma série contínua de condensações parciais de vapor e

vaporizações parciais do condensado e seu efeito é realmente similar a certo número de destilações separadas. (BROWN, 2005).

Figura 6. Instrumentos para destilação fracionada



Fonte: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/destilacao.htm>>

7. METODOLOGIA

A palha da cana-de-açúcar será adquirida em um restaurante local.

Este método é composto pelas seguintes etapas:

- Pré-tratamento;
- Hidrólise enzimática;
- Fermentação;
- Purificação.

7.1 Pré-tratamento

Para o pré-tratamento será utilizado:

- Estufa
- Becker
- Tesoura
- Ácido sulfúrico 1 mol.L⁻¹

A palha será picotada com o intuito de aumentar a superfície de contato e após isso pesada 1 g, em seguida deixado por 1 hora submerso em ácido sulfúrico diluído puro de aproximadamente 2,72 mL (valor encontrado por cálculos a fim de se obter uma solução de 50 mL com concentração de 1 mol/L^{-1}), podendo ser feito agitação no banho maria para deixar o processo mais rápido. O mesmo será então deixado na estufa a 50°C por volta de 16 horas, para a secagem podendo dar início a hidrólise enzimática.

7.2 Hidrólise enzimática

Para a hidrólise, será utilizado:

- **Béquer**
- **Água destilada**
- **Celulase**

Na hidrólise a palha será seca e tratada com água destilada contendo 1 g celulase, no qual o mesmo age como catalisador. Será utilizado aproximadamente 1 g da palha para 50 mL da solução, a mesma ficará imersa na solução a temperatura ambiente (25°C) por um tempo de aproximadamente 16 horas.

7.3 Fermentação

Na fermentação será utilizado:

- **Béquer**
- **Fermento Biológico (*Saccharomyces cerevisiae*)**
- **Glicose**
- **Estufa**

A glicose será misturada com 1 g do fermento, em um béquer, contendo a levedura no qual será aquecida a temperatura entre 30 e 37°C .

7.4 Purificação

Na purificação será realizado o processo de destilação fracionada. Os materiais necessário para a destilação fracionada são:

- **Manta de aquecimento;**
- **Mangueira;**
- **Suporte universal com garra;**
- **Suporte elevador;**
- **Balão de fundo redondo;**
- **Erlenmeyer;**
- **Coluna de fracionamento;**
- **Condensador;**
- **Termômetro.**

Esse processo tem como principal objetivo, separar o etanol das impurezas (água) contidas da etapa de fermentação, para a obtenção de etanol puro. Como ambas as substâncias possuem pontos de ebulição bem distintos, etanol 78,37 °C e água 100 °C, a destilação fracionada é o processo ideal. A mistura contida no balão de fundo chato será aquecido na chapa de aquecimento a uma temperatura de aproximadamente 80°C, assim que a mistura começa a ser aquecida, ocorre a formação de vapores de etanol e água no interior do balão. Quando os vapores de água e etanol chegam a coluna de fracionamento, ambos passam a disputar o espaço entre as esferas de vidro ou porcelana contidos na coluna. Apenas o vapor de etanol atravessará a coluna de fracionamento por ser menos denso que o vapor da água. Após atravessar a coluna de fracionamento, o vapor do etanol entra no condensador, no qual condensará, retornando assim ao estado líquido sendo recolhido em um erlenmeyer. Caso a temperatura do termômetro ultrapassar 80 °C, indicará que todo etanol foi evaporado e a etapa finalizada.

8. CRONOGRAMA

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Revisão do projeto	X	X	X	X	
Pesquisa bibliográfica	X	X	X	X	
Coleta da cana-de-açúcar	X				
Realização da metodologia no laboratório		X	X		
Redação do relatório final				X	X
Apresentação					X

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIRA, P.; TOMÁS-PEJÓ, M.; BALLESTEROS, M. & NEGRO, M.J. **Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: a review**. *Bioresource Technology*, Vol. 101, 4851-4861, 2010.

Brown, T. L., Lenay Jr, H.E., Brusten, B.E.; **Química a ciência central**, tradutor Robson Matos; consultores técnicos André Fernando de Oliveira e Astrea F. Souza Silva. – São Paulo: Pearson Prontece hall, 2005.

Cavenaghi, A. L.; Rossi, C. V. S.; Negrisoli E; Costa; Toledo, E. **DINÂMICA DO HERBICIDA AMICARBAZONE (DINAMIC) APLICADO SOBRE PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR (Saccarum Officinarum) Performance of Amicarbazone Applied on Sugarcane Straw**. 2007, 25 (4), 831–837. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/27961/S0100-8358200700040020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 19 ago. 2017.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa. **BIOETANOL de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010.

Draber, K. M. M. **Etanol de Segunda Geração Já É Realidade**. 2013, 55. Disponível em: <<https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2013/MBI13004.pdf>> Acesso em: 21 ago. 2017.

Fernandes, T.; Brassolatti, Z.; Hespanhol, P. A.; Bataghin Costa, M. A.; Brassolatti, M. **Etanol de Primeira E Segunda Geração**. Rev. Interdiscip. Tecnol. e Educ. [RInTE] – CNPq ARC 2015, 2447–5955. Disponível em: <http://sinte.btv.ifsp.edu.br/index.php/SInTE/article/view/224/pdf_61> Acesso em: 25 ago. 2017.

FERRAZ, A.; MENDONÇA, R.; COTRIM, A.R.; SILVA, F.T. The use of white-rot decaying as a pretreatment for organosolv delignification of Eucalyptus grandis wood. Workshop on Applications of Biotechnology in Bioenergy Systems, Anais, 1994.

GEDES, C.C.; PETERSON, J.J.; ROSLANDER C.; ZACCHI, G.; MULLINIX, M.T.; SHANMUGAN, K.T.; INGRAM, L.O. **Optimizing the saccharification of sugar cane bagasse using dilute phosphoric acid followed by fungal cellulases**. Bioresource Technology, 101(6):1851-1857, 2010.

GÓMEZ, S. M. R.; ANDRADE, R. R.; SANTANDER, C. G.; COSTA, A. C.; MACIEL, F. R. **Pretreatment of sugar cane bagasse with phosphoric and sulfuric diluted acid for fermentable sugars production by enzymatic hydrolysis**. Chemical Engineering Transactions, volume 20, 2010.

GARCIA, Jorge Luiz Faria; ROSA, Sergio Eduardo Silveira da. **O etanol de segunda geração: limites e oportunidades**. Revista da Bndes, Brasília, v. 1, n. 1, p.117-155, dez. 2009. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/7046/1/RB_32_O_etanol_de_segunda_geracao_limites_e_oportunidades_P_B.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2017.

GÓMEZ, Edgardo Olivares et al. **Bioetanol de cana-de-açúcar** : P&D para produtividade e sustentabilidade. 1. ed. São Paulo: Edgard Bluncher Ltda., 2010. 646 p.

Jesus, J. C. De; Couto, S. M. **Noções Sobre Fermentação E Produção de Álcool Na Fazenda. Produção álcool na fazenda e em Sist. Coop.** 2007, 168. Disponível em:

<<ftp://ftp.ufv.br/dea/poscolheita/Produ%E7%E3o%20de%20%C1lcool%20Combust%EDvel%20na%20Fazenda%20e%20em%20Sistema%20Cooperativo/Cap%EDtulo%201.pdf>> Acesso em: 19 ago. 2017.

LIMA, U.A.; BASSO, L.C.; AMORIM, H.V., **Produção de etanol**. In: Lima, U.A.; Aquarone, E.; Orzani, W.; Schmidell, W. (Ed.) Biotecnologia Industrial, São Paulo: Edgard Blücher LTDA, cap. 1, p. 11-20, 2005.

MACHADO, About Gleysson B.. **Fabricação de Açúcar e Etanol a partir da Cana-de-açúcar**. Disponível em:

<<http://www.portaldobiogas.com/fabricacao-de-acucar-e-etanol-partir-da-cana-de-a-cucar/>>. Acesso em: 18 out. 2017.

NUNES DA SILVA, João Paulo ; NUNES DA SILVA, Maria Regina. **Noções da Cultura da Cana-de-Açúcar** . Disponível em:

<http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/nocoes_cultura_cana_acucar.pdf>. Acesso em: 03 set. 2017.

PACHECO, Thályta Fraga. **Produção de Etanol: Primeira ou Segunda Geração?**. Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/886571/1/CITE04.pdf>>.

Acesso em: 21 ago. 2017.

Rabelo, S. C. **Avaliação e Otimização de Pré-Tratamentos e Hidrólise**

Enzimática Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Para a Produção De Etanol De Segunda Geração. Tese doutorado 2010, 447. Disponível em : <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266933/1/Rabelo_SaritaCandida_D.pdf> Acesso em: 20 out. 2017.

REZENDE, C. A.; LIMA, M. A.; MAZIERO, P.; AZAVEDO, E.R.; GARCIA W.; POLIKARPOV , I. **Chemical and morphological characterization of sugarcane bagasse submitted to delignification process for enhanced enzymatic digestibility. Biotechnology for Biofuels**; 4:54.2011.

RÍPOLI, T. C. C.; MOLINA JR., W. F.; RÍPOLI, M. L. C. **Energy Potential of Sugar Cane Biomass in Brazil.** Sci. Agric. 2000, 57 (4), 677–681. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n4/a13v57n4.pdf>>. Acesso em 19 ago. 2017.

Rosa, S. E. S.; Garcia, J. L. F. **O Etanol de Segunda Geração: Limites E Oportunidades.** Rev. do BNDES 2009, 32, 117–156. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/7046/1/RB%2032%20O%20etanol%20de%20segunda%20gera%C3%A7%C3%A3o_limites%20e%20oportunidades_P_B.pdf> Acesso em: 27 set. 2017.

SANTOS, V.T.O.; ESTEVES, P.J.; ADRIANE, M.F.; MILAGRES, A.M.F.; CARVALHO, W. **Characterization of commercial cellulases and their use in the saccharification of a sugarcane bagasse sample pretreated with dilute sulfuric acid.** J Ind Microbiol Biotechnol .38:1089-1098, 2011.

SUN, Y.; CHENG, J.J; **Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review,** Bioresource Technology, v. 83, p. 1-11, 2002.

Silva, V. L. M. M.; Gomes, W. C.; Alsina, O. L. S. **Utilização Do Bagaço de Cana de Açúcar Como Biomassa Adsorvente Na Adsorção de Poluentes Orgânicos.** 2007, 22 (1), 27–32. Disponível em: <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/28/64>>.

Acesso em: 19 ago. 2017.

Thályta, A.; Pacheco, F. **A Importância Da Produção de Etanol**. 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32985/1/CITE-04.pdf>>

Acesso em 19 ago. 2017.

TEIXEIRA, L.C.; LINDEN, J.C.; SCHROEDER, H.A. **Simultaneous Saccharification and Cofermentation of peracetic acid-pretreated biomass**. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 84- 86, n. 1-9, p. 111-127, 2000.