



**INSTITUTO  
FEDERAL**

Santa Catarina

Câmpus  
Jaraguá do Sul – Centro

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL - CENTRO  
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA

ANA BEATRIZ CAPELI  
EMILY HOEFT PADILHA  
GABRIEL ANDRÉ TAUBE  
JOHNNY WHARLEY HERMINIO SARAIVA  
LARISSA NICOCELLI  
VITÓRIA NEGHERBON COLPINI

**PRODUÇÃO DE BIOETANOL A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DE  
RETALHOS DE TECIDO FEITOS DE 100% ALGODÃO**

Jaraguá do Sul

2023

ANA BEATRIZ CAPELI  
EMILY HOEFT PADILHA  
GABRIEL ANDRÉ TAUBE  
JOHNNY WHARLEY HERMINIO SARAIVA  
LARISSA NICOCELLI  
VITÓRIA NEGHERBON COLPINI

**PRODUÇÃO DE BIOETANOL A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DE  
RETALHOS DE TECIDO FEITOS DE 100% ALGODÃO**

Projeto de pesquisa desenvolvido no Programa Conectando Saberes do Curso Técnico em Química do Instituto Federal de Santa Catarina, câmpus Jaraguá do Sul – Centro, como requisito entre as unidades curriculares e como eixo condutor à pesquisa.

Orientador: Elder Correa Leopoldino

Coordenador: Elder Correa Leopoldino

Jaraguá do Sul

2023

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>TEMA.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DELIMITAÇÃO DO TEMA.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>PROBLEMA DE PESQUISA.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
5.1	OBJETIVO GERAL.....	6
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
<b>6</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>7</b>
7.1	COMBUSTÍVEIS.....	7
7.2	ETANOL.....	8
7.3	BIOETANOL.....	9
7.4	PRINCIPAIS FONTES DE BIOETANOL.....	10
<b>8</b>	<b>CELULOSE.....</b>	<b>10</b>
8.1	ALGODÃO.....	11
<b>8.1.1</b>	<b>Descarte de tecidos.....</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>PROCESSOS QUÍMICOS PARA OBTENÇÃO DA GLICOSE.....</b>	<b>13</b>
9.1	HIDRÓLISES.....	13
9.2	FERMENTAÇÃO.....	13
9.3	DESTILAÇÃO FRACIONADA.....	13
9.4	CARACTERIZAÇÃO.....	14
<b>9.4.1</b>	<b>Espectroscopia de infravermelho.....</b>	<b>14</b>
<b>9.4.2</b>	<b>Método Índice de refração.....</b>	<b>14</b>
<b>10</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>14</b>
10.1	MATÉRIA-PRIMA E PRÉ-TRATAMENTO.....	15
10.2	HIDRÓLISE.....	15
10.3	FERMENTAÇÃO.....	16

10.4	DESTILAÇÃO FRACIONADA.....	16
10.5	CARACTERIZAÇÃO.....	17
<b>11</b>	<b>CRONOGRAMA.....</b>	<b>18</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>19</b>

## **1 TEMA**

Produção de bioetanol a partir do reaproveitamento de retalhos de tecido feitos de 100% algodão.

## **2 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Produção de bioetanol a partir do reaproveitamento de retalhos de tecido feitos de 100% algodão por meio de hidrólise básica da celulose e fermentação alcoólica da glicose.

## **3 PROBLEMA DE PESQUISA**

Sabendo da alta emissão de gases poluentes na atmosfera devido à grande demanda de carros que utilizam da gasolina como combustível e também da alta produção têxtil da cidade de Jaraguá do Sul, serão aproveitados os retalhos de tecidos descartados pelas mesmas e produzir bioetanol a partir do reaproveitamento de retalhos de tecido feitos de 100% algodão. Como problema de pesquisa obtém-se a pergunta: É possível produzir bioetanol através da fermentação da glicose obtida da celulose de retalhos feitos de 100% algodão?

## **4 HIPÓTESES**

- É possível produzir bioetanol usando como matéria-prima retalhos de tecido feitos de 100% algodão reutilizados;
- Será obtido um baixo rendimento de bioetanol.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GERAL**

Produzir bioetanol através da reutilização de retalhos de tecido feitos de 100% algodão.

## 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Tratar os retalhos de tecido feitos de 100% algodão;
- Fazer a hidrólise da celulose para obtenção da glicose;
- Fermentar a glicose;
- Destilar o bioetanol obtido da fermentação utilizando o processo de destilação fracionada;
- Purificar a solução de bioetanol;
- Caracterizar o bioetanol;
- Comparar o rendimento com a literatura.

## 6 JUSTIFICATIVA

Atualmente no Brasil, 36% das fontes utilizadas na geração de energia são constituídas por combustíveis fósseis (o petróleo e seus derivados, o carvão mineral e o gás natural) (Pena, *s.d.*). Esses combustíveis fósseis apresentam grandes problemas ao meio ambiente, pois durante a combustão, é liberado dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. Esse gás é o principal responsável pelo desencadeamento do aquecimento global, além do risco à saúde que a poluição da queima do combustível fóssil pode nos causar (Combustíveis, 2021). Uma das alternativas para reduzir o uso desses combustíveis fósseis é o bioetanol, que por ser renovável e de matéria orgânica, mostra-se muito mais benéfico ao meio ambiente. Além de sua importância na sustentabilidade do meio ambiente, a produção de bioetanol no Brasil é muito presente, considerando-se que o país teve uma produção de 30,5 bilhões de litros na última safra de cana de açúcar (período de 2022/2023), com um aumento significativo de 0,5% em relação à safra anterior (Produção, 2023). A sua produção também pode ser obtida a partir da sua matéria-prima, entre elas podemos citar a cana-de-açúcar, o milho, o arroz, a cevada, o trigo e o algodão. Algo em comum entre essas matérias-primas é a presença de açúcares em sua composição (glicose, sacarose, celulose e a frutose). Sendo assim, para a obtenção de um resultado mais preciso na execução do projeto, foi escolhido o algodão como matéria-prima, pois é a fonte que mais contém celulose em sua estrutura, podendo ser encontrado até 98% de celulose pura (Klock, *s.d.*). A extração da celulose será feita utilizando-se retalhos de tecido com maior

proximidade a 100% algodão. Esses retalhos representam uma grande fonte de matéria prima para a produção deste biocombustível, além de que, a reutilização desses resíduos ajuda também na diminuição do descarte inadequado no meio ambiente. Nos últimos anos, mais de 4 milhões de toneladas de resíduos têxteis são descartados anualmente no Brasil. Dentro desses 4 milhões estão: roupas velhas, retalhos de indústria têxtil e peças de couro (Puentes, 2022).

A produção de biocombustível utilizando matérias-primas como cana-de-açúcar, milho, arroz, cevada, trigo e algodão tem se mostrado eficaz, mas pouco se sabe sobre a produção a partir dos retalhos de tecido descartados pela indústria têxtil - que tem forte influência na região do Vale do Itajaí (Santa, 2021). Com a prática deste projeto e o conhecimento obtido sobre a produção desses biocombustíveis, será possível fazer uma avaliação se sua produção é tecnicamente viável e produtiva. Assim sendo, a longo prazo, essa pesquisa poderá contribuir tanto no desenvolvimento sustentável da região, quanto na reutilização destes retalhos.

## **7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Para a realização desta pesquisa, primeiramente é importante compreender o que são combustíveis e quais as suas características e utilizações, bem como entender quais são suas principais fontes. Com isso, fazer uma análise sobre a matéria-prima utilizada para a obtenção do bioetanol, produto esperado nessa pesquisa.

É importante ter a consciência de que os descartes dos retalhos de tecido muitas vezes não são realizados corretamente (Ecoassist, 2020), por isso a reutilização destes para a formação do bioetanol através de processos químicos como hidrólises, fermentação e destilação têm se mostrado como uma alternativa para melhor reaproveitamento.

### **7.1 COMBUSTÍVEIS**

Os combustíveis em geral são substâncias que sofrem combustão, ou seja reagem com o oxigênio, liberando energia na forma de calor. Estão incluídos nessas fontes o carvão mineral, gás natural, petróleo e seus derivados, como óleo diesel e

gasolina. Portanto dentre os tipos de combustíveis estão os combustíveis fósseis (proveniente de fontes não renováveis) e biocombustíveis (oriundo de fontes renováveis) (IUPAC, 1990).

Desse modo, o biocombustível é vantajoso em relação ao meio ambiente e sua utilização pela sociedade, pois são produzidos com biomassa animal e/ou vegetal (através de cultivos agrícolas como cana-de-açúcar, soja e milho, gordura animal e gases provenientes da decomposição de materiais orgânicos). Dessa forma, os biocombustíveis têm uma emissão menor dos gases do efeito estufa na atmosfera (Raízen, 2021).

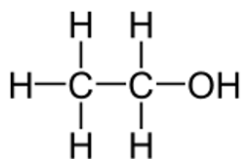
A partir da criação do Proálcool, um projeto com o intuito de aumentar a produção de combustíveis mais limpos no Brasil, veio a produção dos biocombustíveis a partir da cana de açúcar e o milho, isso gerou uma série de acontecimentos, com o Brasil se tornando menos dependente dos combustíveis fósseis e estando relativamente desenvolvido em questão da tecnologia na criação de biocombustíveis. Com o começo das pesquisas sobre o bioetanol de 2G (segunda geração), foi possível usar o que era rejeito, como o bagaço e a palha da cana para a agregar a eficiência do bioetanol (Silva *et al.*, 2019).

Para a produção de um biocombustível, há diversas matérias-primas, a mais utilizada para a produção é a cana-de-açúcar e para a produção de biodiesel se utiliza óleos vegetais e/ou gorduras animais (Junior *et al.*, 2009). Dentre suas variações estão o etanol, o biodiesel, o bioetanol e o biometano. Os biocombustíveis emitem menos gases poluentes na atmosfera e apresentam melhor custo-benefício. Porém, seu processo de produção pode causar impactos ao meio ambiente, pela utilização de grandes quantidades de água e a emissão de dejetos.

## 7.2 ETANOL

O etanol (também chamado de álcool etílico) é um composto orgânico representado pela molécula  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  (figura 1). O etanol é um combustível de matéria-prima vegetal e/ou animal produzido pela fermentação de amidos e/ou açúcares como a glicose. (Ferri, 2013)

Figura 1 - Molécula de etanol



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Segundo Raízen (2022), existem dois tipos de etanol: o anidro e o hidratado. A diferença entre eles é a quantidade de água em sua composição, o hidratado contém até 5% de água e o anidro 0,5%. Considerando essa diferença nas composições, esses dois tipos de etanol são encaminhados para diferentes finalidades, por exemplo o anidro, como tem mais álcool em sua composição, é utilizado na produção de tintas, solventes, entre outros. Já o etanol hidratado é aquele encontrado nos postos de combustíveis.

O etanol é conhecido por ter duas gerações. A primeira geração (1G) é uma produção feita a partir da sacarose, tendo como matéria-prima a cana-de-açúcar. A segunda geração (2G) é produzida a partir de lignocelulose, presente em resíduos de origem vegetal (Pacheco, 2011).

Na produção de etanol 1G há um problema, onde na sua produção há resíduos que são descartados e não são reutilizados. Usando a cana-de-açúcar como exemplo, sobram em sua produção os bagaços da cana-de-açúcar (tornando elas completamente em resíduos para serem descartados, e também é um poluente ambiental se caso for descartado incorretamente) (Areia, 2017). A necessidade de reutilizar esses resíduos compostos por biomassa lignocelulósica promovem uma demanda ainda maior para produzir etanol 2G, a partir desse problema, surge uma denominação para o etanol 2G: bioetanol (Areia, 2017).

### 7.3 BIOETANOL

O bioetanol é um combustível obtido por meio da fermentação e da destilação de resíduos vegetais (Bioetanol, 2023). O bioetanol é muito similar ao etanol, porém o bioetanol é produzido a partir de resíduos que antes seriam descartados ao invés de serem aproveitados. (Latarullo, s.d.) O bioetanol foi criado para reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera, e, ainda, utilizando recursos naturais e

reutilizáveis, assim diminuindo a dependência dos combustíveis derivados do petróleo.

#### 7.4 PRINCIPAIS FONTES DE BIOETANOL

Considerando-se que o objetivo principal é a produção de bioetanol, para contextualizar, a principal fonte de obtenção são óleos vegetais ou gorduras animais, onde podemos citar novamente a cana-de-açúcar, o milho, o arroz, a cevada, o trigo e o algodão, visto que a celulose é um componente comum a todos. E também, como citado anteriormente, pode-se usar materiais lignocelulósicos como o bagaço e a palha de cana de açúcar para produzir o bioetanol de 2G (Segunda Geração) (Silva *et al.*, 2019).

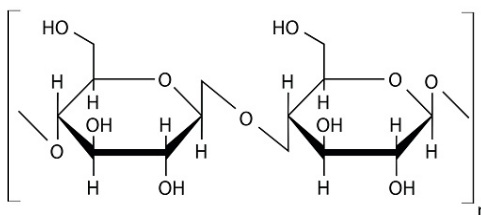
Paralelamente, existe uma oposição que propõe um debate sobre o uso dessas biomassas para a produção do bioetanol. Essa oposição traz uma perspectiva ética, sugerindo que a matéria utilizada na produção (como o milho, a cana de açúcar, etc.) podem ser destinados para a alimentação de outras pessoas, ou que as terras onde é feito o plantio destas biomassas poderiam ser utilizadas para a colheita de outros gêneros alimentícios (Silva *et al.*, 2019).

A característica comum em todas as fontes anteriormente apresentadas é crucial para a realização deste projeto, que é a presença de celulose em sua composição. Esse composto é responsável por permitir o uso do algodão dos retalhos para a produção do Bioetanol, a mesma celulose onde é extraída a glicose para a produção do combustível.

### 8 CELULOSE

A celulose é o composto orgânico mais frequente na natureza (figura 2), presente nas paredes secundárias das células vegetais. Sua fórmula química é  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , onde  $n$  indica o número de unidades repetidas.

Figura 2 - Molécula da celulose



Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

Conforme a figura 2, a celulose é um polissacarídeo de cadeia complexa de açúcares (principalmente a glicose), totalmente linear e possui forte tendência a formar ligações de hidrogênio intermoleculares e intramoleculares. A celulose pode ser encontrada em algas marinhas, casca de côco, gramíneas, bambu, palhas de cereais, porém a forma mais pura de celulose é 99,8%, obtida do algodão. Por esse mesmo motivo o algodão será utilizado como principal matéria-prima para a execução deste projeto. Além de servir como agente anti endurecimento, emulsificador, estabilizador, dispersante, espessante e gelificador, a celulose também tem a capacidade de reter água (Material properties, s.d.).

## 8.1 ALGODÃO

O algodão é uma das fibras mais utilizadas em todo o mundo, amplamente empregada como matéria-prima para inúmeros artefatos. Aqui no Brasil, 75% de seu cultivo tem origem da espécie *Gossypium hirsutum* L (INDEA-MT, 2023). Sua principal composição é a celulose e contém pequenas quantidades de ceras, proteínas e pigmentos. O algodão tem facilidade altíssima na absorção da água, por isso é altamente utilizado para a fabricação de toalhas, roupas e lençóis, e quando bem cuidado, pode durar muitos anos sem perder sua qualidade. Mas se eventualmente forem descartados incorretamente, serão encaminhados os rejeitos à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que fará o descarte correto do tecido (eCycle, s.d.).

Apesar de ser muito utilizado atualmente na indústria, o seu cultivo pode ter implicações ambientais pois faz uso de grandes quantidades de água e pesticidas, levando à degradação do solo. Práticas sustentáveis utilizando o método de rotação

de cultura sem o uso de pesticidas vêm surgindo para amenizar este problema (Algodão, *s.d.*).

Após a colheita, o algodão é limpo para remoção das impurezas e transformado em fios que posteriormente são transformados em tecidos. Para a extração da celulose será necessário, então, desfiar os retalhos novamente para maior facilidade na obtenção dela (Algodão, *s.d.*).

### **8.1.1 Descarte de tecidos**

Para a fabricação de tecidos, entre os processos de extração de matéria-prima e o descarte, há a geração de resíduos processuais (Carvalho *et al.*, 2020). Existem dois grandes momentos em que há uma grande geração de resíduos: o primeiro, ainda na indústria de confecção, no corte de tecidos são produzidas quantidades significativas de retalhos que são incinerados ou descartados negligentemente em aterros sanitários e lixões. Segundo Costa e Martins (*s.d.*), o procedimento mais comum tem sido a adoção de tecnologias de tratamento de despejos, as quais representam despesas de investimentos improdutivos suplementares e custos de operação elevados (cerca de 15 a 20% do investimento inicial), que aumentam à medida que as instalações envelhecem.

O segundo momento relaciona-se com o fim de vida útil dos artefatos. No Brasil, o descarte de artefatos confeccionados pós-uso pode alcançar o montante de 150 milhões de itens ao ano. Em ambos os casos, existe o descaso projetual ou um equívoco no *design*, visto que não há adoção de métodos apropriados para a destinação ambientalmente adequada das sobras ou dos artefatos pós uso.

Atualmente a poluição ambiental e esgotamento de recursos naturais são evidentes, as indústrias de confecção são cada vez mais cobradas quanto à sua responsabilidade com o descarte desses resíduos gerados. Uma nova forma de reutilização e reaproveitamento desses descartes é o objetivo desse trabalho, que através de quebras de moléculas, hidrólise e destilação será possível achar um fim adequado para esses resíduos, além de produzir um biocombustível (Costa; Martins, *s.d.*).

## 9 PROCESSOS QUÍMICOS PARA OBTENÇÃO DA GLICOSE

Para a produção do bioetanol, são necessários três processos, dentre eles: hidrólise, fermentação e tratamento, além de caracterizar e analisar o produto final obtido.

### 9.1 HIDRÓLISES

A fim de degradar a celulose, é utilizado o processo de hidrólise, que é uma reação química que ocorre em meio aquoso uma decomposição de um composto. Logo, pode ser uma hidrólise alcalina (utilização de uma base como solvente), ácida (ocorre a partir de um ácido mineral, podendo ser diluída ou concentrada) ou enzimática (acontece por quebras de proteínas e acelera as reações de processos biológicos). Portanto de acordo com a metodologia que usamos para fundamentação da metodologia deste trabalho, como forma de praticidade, será efetuado a hidrólise alcalina, e assim todos os processos relacionados já explicados, terá como produto a glicose e resíduos (Hijazin *et al.*, 2010).

### 9.2 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Para se obter o biocombustível, é necessário fermentar a glicose. Portanto, esse processo é denominado de “fermentação alcoólica”, onde há a degradação de carboidratos (glicose ou frutose) com o uso de micro-organismos (sendo leveduras ou bactérias) tendo como produto o etanol e dióxido de carbono (Neto, 2018).

### 9.3 DESTILAÇÃO FRACIONADA

Para separar o bioetanol das impurezas contidas na mistura, é utilizado o processo de destilação fracionada, o qual é um método de separação de misturas homogêneas que contém o uso de uma coluna de fracionamento. Nessa coluna, é possível separar os diferentes componentes presentes no bioetanol que possuem pontos de ebulição distintos. Esse exemplo de destilação é empregado para separar produtos em uma mistura, na qual envolve as etapas de aquecimento, separação e esfriamento dos produtos (Zaccaria *et al.*, 2009).

## 9.4 CARACTERIZAÇÃO

O reconhecimento e caracterização da substância produzida no final é de extrema importância, pois permite identificar se todos os processos ocorreram com sucesso, além de obter dados do produto (tendo em vista o método utilizado). Portanto, existem técnicas para fazer a caracterização de uma substância, como a espectrofotometria na região do infravermelho e o índice de refração.

### 9.4.1 Espectrofotometria na região do infravermelho

A espectrofotometria na região do infravermelho é uma técnica que oferece informações sobre os grupos funcionais que compõem uma substância, permitindo a identificação de compostos e a investigação de sua composição química. Portanto, o dispositivo emite radiação eletromagnética na região do infravermelho com a mesma intensidade de energia das vibrações da ligação. A molécula absorve essa energia e a transforma em energia vibracional, posteriormente a transmitindo. Desta maneira é possível identificar o grupo funcional do produto final (o bioetanol), analisando o resultado com a literatura, logo poderá determinar e caracterizar a substância (Astuto; Yatsuzuka, *s.d.*).

### 9.4.2 Índice de refração

O índice de refração é um quociente entre a velocidade da luz conforme ele passa por dois meios, é uma propriedade adimensional e característica de cada material porém depende da temperatura e do comprimento de onda do feixe de luz. Dessa forma, existe a técnica chamada de refratometria, que é um método analítico para determinar sua composição ou pureza (com base na medição do índice de refração da substância). Portanto, a utilização da refratometria para determinar a substância produzida (bioetanol) é essencial, pois é possível determinar o índice de refração com equipamentos e comparar com a literatura (Índice, *s.d.*).

## 10 METODOLOGIA

A pesquisa tem como objetivo a produção de bioetanol a partir da reutilização

de tecidos de algodão. Para alcançar o resultado esperado será necessário seguir uma metodologia.

## 10.1 MATÉRIA-PRIMA E PRÉ-TRATAMENTO

O primeiro passo é conseguir a matéria-prima, ou seja, os retalhos que serão obtidos de facções, empresas locais e/ou com o câmpus do IFSC de Jaraguá do Sul - Centro. Antes da pesagem de massa, deverá ser feito o desfiamento do tecido de algodão e, se necessário, realizar uma descoloração com uma solução contendo hipoclorito de sódio com 2-2,5% de cloro ativo e água. Os retalhos devem ser deixados de molho nessa solução por 30 minutos como parte de um pré-tratamento. Após isso, os retalhos serão lavados com água destilada e colocados para secar. Posteriormente, os retalhos serão desfiados com tesoura e/ou faca e, em seguida, será medido a massa em uma balança semi-analítica eletrônica, com o auxílio do vidro de relógio, para atingir a quantidade de 50,00 g de retalhos de tecidos feitos de 100% algodão desfiados. Desta forma, o material estará pronto para o próximo processo.

## 10.2 HIDRÓLISE

Devido ao volume das vidrarias presentes no laboratório não atenderem aos nossos requisitos, será preparada a solução cinco vezes, onde que para cada 10,00 g de algodão desfiado das 50,00 g medidas, será feito o processo de hidrólise, em que será realizada a hidrólise básica para degradar a celulose e adquirir-se a solução desejada. Portanto, será preparada uma solução de 3 mol/L de NaOH. Em um béquer de 500 mL, colocará o algodão e 200 mL dessa solução de NaOH. O béquer estará numa chapa de aquecimento a 84 °C, durante 60 minutos e será agitada com um bastão de vidro. Depois de uma hora, o béquer será removido da chapa de aquecimento e será feita uma separação do resíduo com a solução de glicose. Em seguida, será reunida as cinco soluções preparadas anteriormente para ser neutralizada até que o pH esteja neutro e deve-se fazer a separação do resíduo sobrado da quebra da celulose. Dessa forma, a solução estará pronta para a fermentação (Irfanullah *et al.*, 2014).

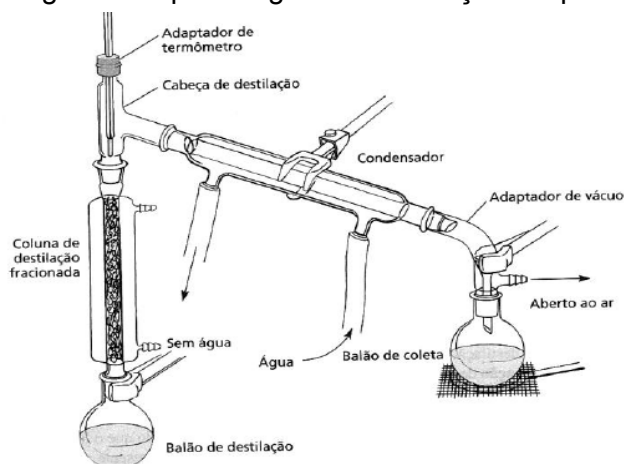
### 10.3 FERMENTAÇÃO

Com a glicose, será realizada uma fermentação com o fungo *Saccharomyces cerevisiae* (será comprado de forma online a levedura fermentis S-33) que irá decorrer da transformação da substância orgânica para biomassa, obtendo o bioetanol, porém contendo também resíduos novamente. Portanto, iremos seguir a proporção da dosagem do fornecedor, e logo será pesado a quantidade de levedura necessária para a solução de glicose. Dessa forma, será realizada a fermentação em repouso até que toda glicose seja convertida em bioetanol. Para finalizar, é necessário realizar a purificação, portanto será feito uma destilação fracionada.

### 10.4 DESTILAÇÃO FRACIONADA

Para a realização da destilação fracionada, que é usualmente aquecida por eletricidade com uma manta, é necessário fixar o balão de destilação, o condensador e o adaptador de vácuo. O balão de coleta estará apoiado em um bloco de madeira removível ou em uma placa de arame em cima de um anel ligado a uma haste de suporte, conforme mostra a figura 3. Após isso, é preciso inserir uma coluna entre o balão e a cabeça de destilação. Essa coluna de fracionamento permite que a mistura presente na destilação esteja sujeita continuamente a muitos ciclos de vaporização - condensação necessários para separar os componentes de uma mistura de substâncias líquidas voláteis, à medida que o material sobe pela coluna (Pavia, 2009) (Marques, 2012).

Figura 3 - Aparelhagem de destilação simples



Fonte: Pavia (2009)

Após o processo de destilação fracionada, será analisado se o bioetanol obtido não tem impurezas como produto final. Fazendo essa etapa, para iniciar a sua caracterização, será determinado o ponto de ebulição do bioetanol produzido, a medição será realizada no momento que o líquido começar a sua mudança de estado físico para a forma gasosa.

## 10.5 CARACTERIZAÇÃO

Ao final de todos os processos, ter-se-á como produto final bioetanol, logo será necessário a caracterização, para atribuir propriedades, sendo elas o ponto de ebulição (P.E.), espectrofotometria na região do infravermelho, índice de refração e densidade.

Para o P.E., poderá ser analisado no processo da destilação fracionada, onde vamos ter o dado de ebulição do bioetanol, anotando a temperatura onde começa a sua transição de fase.

A espectrofotometria na região do infravermelho será necessária para comprovar que a amostra obtida após a destilação consiste realmente apenas em bioetanol. Portanto, uma amostra do líquido será colocada em um espectrofotômetro de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), disponibilizado pelo IFSC - Jaraguá do Sul - Centro, para análise. Desse modo, será gerado um espectro que evidenciará quais comprimentos de onda foram absorvidos pela amostra, e com base nesse espectro de absorção, será possível identificar o produto final (bioetanol).

Para a medição do índice de refração, será utilizado o refratômetro de bancada (disponível no Instituto Federal de Santa Catarina de Jaraguá do Sul - campus Centro). Então, serão adicionadas apenas algumas gotas do líquido (bioetanol) na placa de amostra do refratômetro. Após isso, a placa de amostra será fechada, na qual a luz é passada através da amostra e o dispositivo realiza automaticamente o cálculo do índice de refração com base na quantidade de luz refratada.

Para medirmos a densidade, será utilizado o densímetro calibrado, que é um instrumento de laboratório justamente utilizado para medir a densidade de líquidos. Portanto, será necessário pesar o picnômetro (sendo o frasco e tampa, estando

vazio) numa balança semi analítica, o valor da pesagem será anotado e assim será feito novamente a pesagem do picnômetro porém contendo água destilada (com o frasco tampado), logo em seguida deverá ser anotado. Após isso, deverá retirar a água e secar o picnômetro, para depois colocar o bioetanol e fazer a pesagem, anotando o peso dado pela balança. Ao final de tudo, será calculada a densidade com a seguinte fórmula: Densidade =  $\frac{(m' - m)}{(m'' - m)}$ . Onde  $m$  é a massa do picnômetro

vazio,  $m'$  a massa do picnômetro com o bioetanol,  $m''$  a massa do picnômetro com a água.

vazio,  $m'$  a massa do picnômetro com o bioetanol,  $m''$  a massa do picnômetro com a água.

## 11 CRONOGRAMA

ETAPAS	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Revisão do projeto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pesquisa bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Obtenção de matéria-prima	X										
Tratamento da matéria-prima		X	X								
Fazer o processo de hidrólise				X	X						
Fazer o processo de fermentação					X	X					
Realizar o processo de destilação fracionada						X	X				
Purificação da solução							X	X			
Determinar as propriedades								X			
Redação do relatório final						X	X	X	X	X	
Apresentação											X

## REFERÊNCIAS

- ALGODÃO. **Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso (INDEA)**, s.d. Disponível em: <https://www.indea.mt.gov.br/-/8523374-algodao>. Acesso em: 08 nov. 2023.
- AREIA DE BAGAÇO DE CANA PODE AJUDAR NA PRESERVAÇÃO AMBIENTAL. **Ministério da Educação**, 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/222-537011943/44501-areia-de-bagaco-de-cana-pode-ajudar-na-preservacao-ambiental>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- ASTUTO, Victor; YATSUZUKA, Rebeca. Espectroscopia de infravermelho - IV. **Central Analítica**, s.d. Disponível em: [https://ca2.iq.usp.br/paginas\\_viewc523.html?idPagina=14](https://ca2.iq.usp.br/paginas_viewc523.html?idPagina=14). Acesso em: 07 nov. 2023.
- BIOETANOL. **Golden energy**, 2023. Disponível em: <https://goldenergy.pt/glossario/bioetanol/>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- CARVALHO, Mariana Moreira *et al.* **Resíduos sólidos têxteis e sua destinação: o exemplo de uma empresa em Santa Catarina**. 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/249666/ENSUS\\_2020\\_paper\\_142.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/249666/ENSUS_2020_paper_142.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 03 out. 2023.
- COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: POR QUE ELES PREJUDICAM O MEIO AMBIENTE? **Teccom**, 2021. Disponível em: <https://teccom10.com.br/combustiveis-fosseis-por-que-eles-prejudicam-o-meio-ambiente>. Acesso em: 25 set. 2023.
- COSTA, Helena; MARTINS, Geruza. **Práticas limpas aplicadas às indústrias têxteis do estado de Santa Catarina**, (s.d.). Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Rejane-Costa-2/publication/267824802\\_PRATICAS\\_LIMPAS\\_APLICADAS\\_AS\\_INDUSTRIAS\\_TEXTEIS\\_DO\\_ESTADO\\_DE\\_SANTA\\_CATARINA/links/54b7a4430cf2e68eb2803639/PRATICAS-LIMPAS-APLICADAS-AS-INDUSTRIAS-TEXTEIS-DO-ESTADO-DE-SANTA-CATARINA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rejane-Costa-2/publication/267824802_PRATICAS_LIMPAS_APLICADAS_AS_INDUSTRIAS_TEXTEIS_DO_ESTADO_DE_SANTA_CATARINA/links/54b7a4430cf2e68eb2803639/PRATICAS-LIMPAS-APLICADAS-AS-INDUSTRIAS-TEXTEIS-DO-ESTADO-DE-SANTA-CATARINA.pdf). Acesso em 03 out. 2023.
- ECOASSIST. **Descarte de resíduos têxteis: como fazer corretamente?** 2020. Disponível em: <https://ecoassist.com.br/como-fazer-o-descarte-de-residuos-texteis-corretamente/#:~:text=Os%20tecidos%2C%20linhas%20e%20malhas,torna%2Dse%20uma%20tarefa%20importante..> Acesso em: 16 nov. 2023.
- FERRI, Valdecir Carlos. Bioquímica. Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia ; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, 2013. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/bioquimica.pdf> Acesso em: 07 de mar de 2024.
- HIJAZIN, Carlos Atalla Hidalgo *et al.* Hidrólise ácida, alcalina e enzimática. **Revista atitude**, Porto Alegre, v. 4, n. 7, p. 89-83, jan./jun. 2010. Disponível em:

[https://antigo.faculadedombosco.net/wp-content/uploads/2016/05/1340146089\\_RevistaAtitudeno7PortoAlegre.pdf#page=89](https://antigo.faculadedombosco.net/wp-content/uploads/2016/05/1340146089_RevistaAtitudeno7PortoAlegre.pdf#page=89). Acesso em: 31 out. 2023.

**Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso (INDEA-MT).** *Algodão*. Disponível em: <https://www.indea.mt.gov.br/-/8523374-algodao>. Acesso em: 7 mar. 2024.

ÍNDICE DE REFRAÇÃO: TUDO QUE VOCÊ PRECISA SABER. **Mettler Toledo**. *s.d.* Disponível em: [https://www.mt.com/br/pt/home/applications/Application\\_Browse\\_Laboratory\\_Analyticals/Refractive\\_index/definition\\_and\\_measurement.html](https://www.mt.com/br/pt/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analyticals/Refractive_index/definition_and_measurement.html). Acesso em 07 nov. 2023.

IRFANULLAH *et al.* **Conversion of cotton to glucose by base hydrolysis using various hydrolytic conditions**. Department of Chemistry, Abdul Wali Khan University Mardan, Pakistan. v. 2, p. 125 - 137. 2014. Disponível em: [https://awikum.edu.pk/PJLS/Downloads/02-Volume-2014/Issue-03-04/5\\_PJLS\\_14\\_2\\_Irfan.pdf](https://awikum.edu.pk/PJLS/Downloads/02-Volume-2014/Issue-03-04/5_PJLS_14_2_Irfan.pdf). Acesso em: 08 nov. 2023.

IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book")**. Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). Online version (2019-) created by S. J. Chalk. ISBN 0-9678550-9-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1351/goldbook>. Acesso em: 31 out. 2023.

JUNIOR, Luiz Fernando de Lima Luz *et al.* **BIOETANOL, BIODIESEL E BIOCOMBUSTÍVEIS: PERSPECTIVAS PARA O FUTURO**. 5 f. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Curitiba, 2009. Disponível em: [https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim\\_regional/091220\\_boletimregional3\\_cap6.pdf](https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim_regional/091220_boletimregional3_cap6.pdf). Acesso em: 31 out. 2023.

KLOCK, Umberto. **CELULOSE**, *s.d.* **Apresentação do PowerPoint**. Disponível em: <http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/celulose.pdf>. Acesso em: 02 set. 2023.

LATARULLO, Mariana. O desafio do Bioetanol. Departamento de microbiologia, *s.d.* Disponível em: <https://microbiologia.icb.usp.br/cultura-e-extensao/textos-de-divulgacao/biotecnologia-e-inovacao/fermentacao-industrial/o-desafio-do-bioetanol/> Acesso em: 07 de mar de 2024

MARQUES, Jaqueline Aparecida; BORGES, Christiane Philippini. **Práticas de Química Orgânica**. Segunda Edição. Campina, SP: Editora Átomo, 2012.

MATERIAL PROPERTIES: **Algodão**. *s.d.* Disponível em: <https://material-properties.org/pt-br/algodao/>. Acesso em: 03 out. 2023.

NETO, Ulysses. Reações de Fermentação: aquilo que vale a pena saber a respeito delas. **Igastro**, 2018. Disponível em:

<https://www.igastroped.com.br/reacoes-de-fermentacao-aquilo-que-vale-a-pena-saber-a-respeito-delas/> . Acesso em: 07 nov. 2023.

O QUE É POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS? **Ecycle**. *s.d.* Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/politica-nacional-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 21 mar. 2024.

PACHECO, Thályta. **Produção de Etanol: Primeira ou Segunda Geração?** Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/886571/1/CITE04.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

PAVIA, Donald, *et al.* **Química Orgânica Experimental**. Segunda Edição. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PENA, Rodolfo F. Alves. Combustíveis fósseis. **Brasil Escola**, [s.d.]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/combustiveis-fosseis.htm>. Acesso em: 03 out. 2023.

PRODUÇÃO DE CANA CHEGA A 610,1 MILHÕES DE TONELADAS NA SAFRA 2022/23 COM MELHORA NA PRODUTIVIDADE NAS LAVOURAS. **Conab**, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4977-producao-de-cana-chega-a-610-1-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23-com-melhora-na-productividade-nas-lavouras>. Acesso em: 28 set. 2023.

PUENTE, Beatriz. Brasil descarta mais de 4 milhões de toneladas de resíduos têxteis por ano. **CNN Brasil**, 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/brasil-descarta-mais-de-4-milhoes-de-toneladas-de-residuos-texteis-por-ano/>. Acesso em: 12 set. 2023.

RAÍZEN: **Biocombustíveis**, 2021. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/biocombustiveis>. Acesso em: 17 nov. 2023.

RAÍZEN: **Etanol**, 2022. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/etanol>. Acesso em: 31 out. 2023.

SANTA CATARINA É LÍDER NO SETOR TÊXTIL NO BRASIL. **Nsc Total**, 2021. Disponível em: <https://www.negociossc.com.br/noticia/santa-catarina-e-lider-no-setor-textil-no-brasil/>. Acesso em: 24 set. 2023.

SILVA, Fabio Sousa Guedes *et al.* **A importância do bioetanol dentro do contexto brasileiro, comparação de sua síntese a partir de cana-de-açúcar e milho e bioetanol de segunda geração**. 8 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Fatec de Botucatu. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1122477/a-importancia-do-bioetanol-dentro-do-contexto-brasileiro-comparacao-de-sua-sintese-a-partir-de-cana-de-acucar-e-milho-e-bioetanol-de-segunda-geracao>. Acesso em: 20 set. 2023.

ZACCARIA, Bruno *et al.* **Destilação**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena - EEL. 2009. Disponível em:  
<http://bizuando.com/material-apoio/ope-uni-exp2/ope-uni-exp2-trabalho-destilacao.pdf>  
f. Acesso em: 07 nov. 2023.