

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ETEC TRAJANO CAMARGO

Técnico em química

GABRIEL HENRIQUE DE OLIVEIRA BORLINA

GUSTAVO HENRIQUE BATISTA MOREIRA

SIDNEI JUNIOR VIANA DE MELO

**UTILIZAÇÃO DE CASCAS DE BATATAS E BETERRABAS NA
PRODUÇÃO DE ETANOL**

Limeira – SP

2022

**GABRIEL HENRIQUE DE OLIVEIRA BORLINA
GUSTAVO HENRIQUE BATISTA MOREIRA
SIDNEI JUNIOR VIANA DE MELO**

**UTILIZAÇÃO DE CASCAS DE BATATAS E BETERRABAS NA
PRODUÇÃO DE ETANOL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado Como exigência
parcial para obtenção do Título de
Técnico em Química pela Etec
Trajano Camargo, sob a
orientação do Prof. Paulo
Barbosa

**Limeira – SP
2022**

RESUMO

Com o grande aumento da demanda mundial por combustíveis, o petróleo e seus derivados, são os que se saem na frente quanto ao seu uso no mundo. Porém, como devemos saber o petróleo é uma fonte não-renovável de combustível, ou seja, o mesmo vai se esgotando e assim seu preço vai aumentado, até um certo ponto que muitas pessoas não conseguiram mais comprá-lo, vale ressaltar que devido ao mesmo não estar distribuído de forma igualitária em todo o mundo, a valorização do mesmo traz implicações no cenário geopolítico internacional, que podem causar conflitos interestatais, para ter acesso direto às reservas de petróleo. Desde 1970, vem-se enfrentando várias crises do petróleo que abalam o mundo, como exemplo, pode-se citar a crise do petróleo do dia 09 de março de 2020, devido ao não acordo entre a Rússia e a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo). Diante destes problemas vem-se criando vários meios de se conseguir outros tipos de combustíveis, um exemplo é a produção de etanol com a cana de açúcar, que é a melhor matéria prima para a produção do mesmo, devido ao seu custo e a facilidade em quebrar suas moléculas de açúcar, vale ressaltar que o Brasil - que é o segundo maior produtor de etanol no mundo, ficando somente atrás dos Estados Unidos - utiliza o etanol como biocombustível desde 1938, quando um decreto-lei obrigou a mistura do álcool à gasolina, deste modo cria-se um combustível de menor custo e de menor impacto para o meio ambiente. Porém, outros países utilizando-se de outros meios de obtenção de etanol, como é o caso da França, que utiliza a beterraba branca como matéria prima deste combustível, e os Estados unidos, que utilizam o milho como matéria prima do etanol.

Palavras-chave: Petróleo – Crise – Combustíveis – etanol – matéria prima

ABSTRACT

With the great increase in the world demand for fuels, oil and its derivatives are the ones that come out ahead in terms of their use in the world. However, as we must know, oil is a non-renewable source of fuel, that is, it runs out and so its price increases, to a certain point that many people were no longer able to buy it, it is worth mentioning that due to the even though it is not evenly distributed throughout the world, its valorization has implications in the international geopolitical scenario, which can cause interstate conflicts, in order to have direct access to oil reserves. Since 1970, there have been several oil crises that shake the world, as an example, we can mention the oil crisis of March 9, 2020, due to the non-agreement between Russia and OPEC (Organization of Exporting Countries of Petroleum). Faced with these problems, various ways of obtaining other types of fuels have been created, an example is the production of ethanol with sugar cane, which is the best raw material for its production, due to its cost and the ease of break its sugar molecules, it is worth mentioning that Brazil - which is the second largest producer of ethanol in the world, after the United States - has been using ethanol as a biofuel since 1938, when a decree-law forced the mixing of alcohol with gasoline , thus creating a fuel with lower cost and less impact on the environment. However, other countries using other means of obtaining ethanol, such as France, which uses white beet as a raw material for this fuel, and the United States, which uses corn as a raw material for ethanol.

Keywords: Oil – Crisis – Fuels – Ethanol – Raw Material

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE ABREVIATURAS.....	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 JUSTIFICATIVA.....	12
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
4.1 ETANOL.....	13
4.1.1 Trituração e Moagem	14
4.1.2 Concentração e Cristalização.....	14
4.1.3 Fermentação	14
4.1.4 Destilação Fracionada	15
4.1.5. Etanol Anidro	15
4.1.6. Etanol Hidratado.....	16
4.2. HIDRÓLISE.....	16
4.2.1. Tipos de Hidrólise	16
4.2.1.1. Hidrolise Ácida	17
4.2.1.2. Hidrólise Alcalina	17
4.3 LEVEDURAS	18
4.3.1 Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	18
4.3.2 Levedura <i>Schizosaccharomyces</i>	19
4.3.2 Levedura <i>Pichia</i>	20
4.4 AMIDO	20
4.5 CARBOIDRATOS	21
4.5.1 Monossacarídeo	22
4.5.2 Dissacarídeo	23
4.5.3 Polissacarídeo	23
4.5.4 Tipos de Carboidratos	24
4.5.4.1 Carboidrato Simples	24
4.5.4.2 Carboidrato Complexo.....	24
4.6 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA BATATA.....	25
4.6.1 Casca da Batata.....	25

4.7 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA BETERRABA.....	26
4.7.1 Casca de Beterraba	27
5 METODOLOGIA	29
5.1 PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ETANOL	29
5.1.1 Sacarídeos	29
5.1.2 Amelaces.....	31
5.1.3 Celulósica.....	31
5.2 PROCESSO INDUSTRIAL.....	31
5.2.1 Beterraba.....	33
5.2.2 Lavagem.....	34
5.2.3 Fracionamento.....	34
5.2.4 Difusor e Sumo	34
5.2.5 Evaporação e Xarope	34
5.2.6 Fermentação	34
5.3 PROCESSO PRÁTICO	34
5.3.1 Hidrolise da casca da beterraba.....	34
5.3.2 Fermentação Utilizando a Polpa e o Sulco Proveniente Do Cuzimento Da Beterraba	35
5.3.2.1 Destilação Simples	38
5.3.2.2 Destilação Fracionada.....	39
6 RESULTADOS ESPERADOS	41
6.1 RESULTADO DA AMOSTRAGEM DE HIDROLISE DA CASCA DE BETERRABA.....	41
6.1 RESULTADOS ESPERADOS UTILIZANDO A DESTILAÇÃO FRACIONADA	42
7 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Forma estrutural do etanol	13
Figura 02 - Fermentação alcoólica	14
Figura 03 - Destilação fracionada	15
Figura 04 - Hidrólise alcalina	17
Figura 05 - Hidrolise enzimática	18
Figura 06 - Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	19
Figura 07 - Levedura <i>Schizosaccharomyces</i>	20
Figura 08 - Molécula de α -glicose	21
Figura 09 - Molécula de carboidrato	22
Figura 10 - Monossacarídeo	22
Figura 11 – Dissacarídeo	23
Figura 12 – Polissacarídeo	24
Figura 13 - Processo industrial para obtenção de água ardente da beterraba	32
Figura 14 - Valor de °brix medido	36
Figura 15 - Valor de pH medido	37
Figura 16 - Formação de ácido acético no mosto com a presença de ar no sistema	38
Figura 17 - Processo de destilação simples	38
Figura 18 - Presença de material de arraste no Becker	39
Figura 19 - Fermentação do mosto de beterraba	40
Figura 20 - Destilação do mosto, utilizando uma chapa de aquecimento	40
Figura 21 - Resultado do processo de hidrolise da casca de beterraba	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Componentes da batata (g/100g) na matéria integral, conforme Smith (1977)	25
Tabela 02 - Composição nutricional da batata, conforme Tabela de Composição Nutricional	26
Tabela 03 - Composição centesimal e polifenóis totais de folhas, hortaliças, cascas e sementes de vegetais	27
Tabela 04 - Teor de nutrientes encontrados nos talos e nas cascas dos alimentos analisados	28
Tabela 05 - Informações nutricionais da beterraba vermelha crua a cada 100 g.....	33
Tabela 06 - tabela de teor alcoólico fornecido pelo ministério da agricultura, pecuária e abastecimento	42
Tabela 07 - tabela de teor alcoólico, fornecido pelo ministério da agricultura ...	43

LISTA DE ABREVIATURAS

OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo;

Ipea - Instituto de Pesquisa Aplicada;

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento;

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

CNPTIA – Embrapa Agricultura Digital;

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica;

pH – Potencial hidrogeniônico;

RNA – Ácido ribonucleico;

DNA - Ácido desoxirribonucleico;

MAPA - Ministerial da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

1 INTRODUÇÃO

Com o grande aumento da demanda mundial por combustíveis, o petróleo e seus derivados, são os que se saem na frente quanto ao seu uso no mundo. Basicamente ele e seus derivados correspondem a 85% da energia consumida mundialmente, o que ocasiona uma enorme dependência do ser humano ao petróleo. Porém, como devemos saber o petróleo é uma fonte não-renovável de combustível, ou seja, o mesmo vai se esgotando e assim seu preço vai aumentado, até um certo ponto que muitas pessoas não conseguiram mais comprá-lo, vale ressaltar que devido ao mesmo não estar distribuído de forma igualitária em todo o mundo, a valorização do mesmo traz implicações no cenário geopolítico internacional, que podem causar conflitos interestatais, para ter acesso direto às reservas de petróleo.

Desde 1970, vem-se enfrentando várias crises do petróleo que abalam o mundo, como exemplo, pode-se citar a crise do petróleo do dia 09 de março de 2020, devido ao não acordo entre a Rússia e a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo). No caso a Rússia, rejeitou o acordo proposto pela Arábia Saudita de reduzir a produção de petróleo uma vez que a pandemia do coronavírus, faria com que a demanda por petróleo diminuísse. Desta forma, a Arabia Saudita reagiu aumentando a produção e ofertando barris com descontos, ocasionando uma queda enorme nos preços do barris de petróleo devido a este não acordo, foi a maior queda desde a Guerra do Golfo em 1990.

Falando um pouco do Brasil, a variabilidade do preço mundial do petróleo reflete diretamente nas ações da Petrobrás, a qual representa aproximadamente 10% do Ibovespa. Essa redução fez com que os preços das ações da Petrobrás despencassem, ou seja, a insegurança dos investidores estimularam um excesso de oferta frente a um desinteresse pela compra de ações. Outra questão importante é que, como a Petrobrás possui grande relevância no índice, sua queda tende a puxar o mercado para baixo.

Diante destes problemas vem-se criando vários meios de se conseguir outros tipos de combustíveis, um exemplo é a produção de etanol com a cana de açúcar, que é a melhor matéria prima para a produção do mesmo, devido ao seu custo e a facilidade em quebrar suas moléculas de açúcar, vale ressaltar que o Brasil - que é o segundo maior produtor de etanol no mundo, ficando somente atrás dos Estados Unidos - utiliza o etanol como biocombustível desde 1938, quando um decreto-lei obrigou a mistura

do álcool à gasolina, deste modo cria-se um combustível de menor custo e de menor impacto para o meio ambiente.

Porém, outros países utilizando-se de outros meios de obtenção de etanol, como é o caso da França, que utiliza a beterraba branca como matéria prima deste combustível, e os Estados unidos, que utilizam o milho como matéria prima do etanol. Então, há várias fontes alternativas frente ao petróleo, essa nova busca marca as mudanças na matriz energética mundial. As fontes alternativas de combustíveis, se pode dizer que em sua maioria são renováveis, pois de certa forma trazem um grande benefício para a população e maior ainda para o meio ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Produzir o combustível etanol, utilizando como base as cascas de beterraba e batata.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diminuir a dependência mundial da humanidade sobre o uso de derivados do petróleo como combustíveis principais;
- Reutilização de cascas de beterraba e batata, como base para a produção de etanol;
- Diminuição de lixo orgânico em lixões e aterros sanitários, destinando cascas de beterraba e batata para produção de combustível.

3 JUSTIFICATIVA

Substituir os combustíveis derivados do petróleo por fontes de combustíveis renováveis que causam menos impacto e prejuízos para o meio ambiente e para a sociedade é de extrema importância atualmente, vale ressaltar que o mundo já vem enfrentando várias crises por conta do petróleo não estar dividido de forma igualitária no mundo, por conta de ser uma fonte de energia não renovável, pode-se destacar também a grande poluição que este composto traz, principalmente de seus derivados como a gasolina, devido ao grande volume de gases emitidos na atmosfera, até vazamentos de navios petrolíferos que causam um grande e devastador prejuízo para o meio ambiente. Desta forma, vem-se desenvolvendo vários outros tipos de combustíveis, um exemplo é o etanol, que pode ser obtido utilizando como base de sua produção a cana de açúcar, o milho e as cascas de batata ou beterraba

Outro grande problema é a questão do lixo orgânico, que segundo dados do Instituto de Pesquisa Aplicada (Ipea), mais da metade de todo o lixo doméstico que é gerado no Brasil é orgânico. Ou seja, a maior parte dos resíduos produzidos em casas são formados por cascas de frutas e tubérculos, verduras e outras sobras de alimentos. Desta forma, lixões e aterros sanitários ficam cheios de toneladas de lixo, consequentemente poluindo o ecossistema ao seu redor.

Então, para tentar sanar estes dois problemas citados, o trabalho em questão vai estudar e produzir o combustível etanol, utilizando como base as cascas de beterraba e batata, por conta de resolverem a questão dos combustíveis derivados do petróleo e além disso contribuir para a diminuição de lixo orgânico em lixões e aterros sanitários no Brasil.

A justificativa pela mudança do processo original com a casca da beterraba, pela utilização do tubérculo, se deu pela falta de material em laboratório para testagem de cloreto, onde não conseguiríamos identificar cloretos presente na amostra e por perceber que a quantidade esperada de material acabaria ultrapassando o que seria ideal, tornando assim um projeto muito caro para nível de estudo.

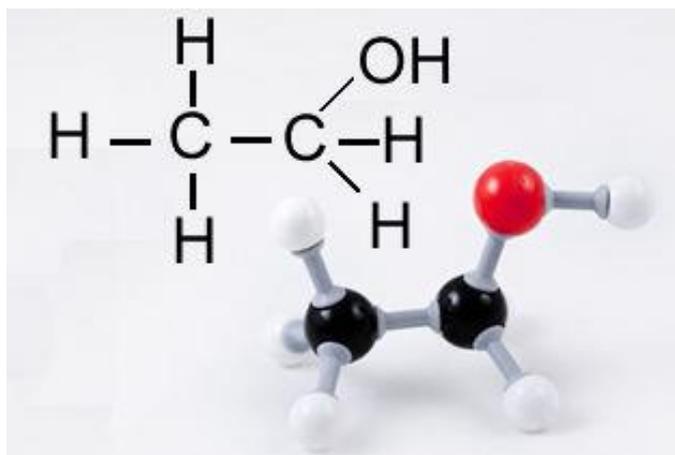
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 ETANOL

O processo empregado hoje no Brasil na obtenção de etanol através da cana de açúcar, prevê o uso do produto de 2 formas: o anidro, como aditivo da gasolina ou o hidratado e puro em motores próprios. Mas antes de entender quais são os produtos gerados pela indústria sucroalcooleira brasileira, primeiro vamos entender o que é o etanol.

O etanol é o principal composto orgânico da família dos álcoois, até por isso em muitos dos casos é só denominado álcool. A fórmula do etanol seria C_2H_5OH , na fórmula estrutural ficaria da seguinte forma:

FIGURA 1: Forma estrutural do etanol



Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/combustiveis/etanol-combustivel.htm>

A obtenção do etanol é possível por duas formas: a fermentação de açúcares (que é o processo utilizado na obtenção de etanol a partir da cana-de-açúcar) e cereais.

No Brasil como já vimos a matéria bruta que utilizamos é a cana-de-açúcar, até por conta de nosso passado como colonizados, onde o açúcar era o segundo ciclo econômico do Brasil. Na medida feita pela Conab na safra de 2020/21, cerca de 79,719 Kg/ha foram produzidos na virada de 2020 para 2021 (CONAB; 2022). Um dado muito interessante é de que são precisos 1 tonelada de cana para produzir 70 litros de etanol.

O processo de obtenção de etanol se baseia em 4 ciclos, sendo eles, trituração e moagem, concentração e cristalização, fermentação e destilação fracionada.

4.1.1 Trituração e Moagem

De acordo com a definição obtida pela UFRGS, TRITURAÇÃO consiste na fragmentação do grão e de suas partes, com dissociação das partes anatômicas. E moagem de acordo com agência CNPTIA - A moagem pode ser feita em moinhos que possuem peneiras internas (ex.: moinho de martelo) ou naqueles sem peneiras internas (ex.: moinho de rolos) (AGEITEC;). No processo de moagem e trituração da cana de açúcar, esse processo vem com o objetivo de obter a garapa, que tem altos teores de açúcares

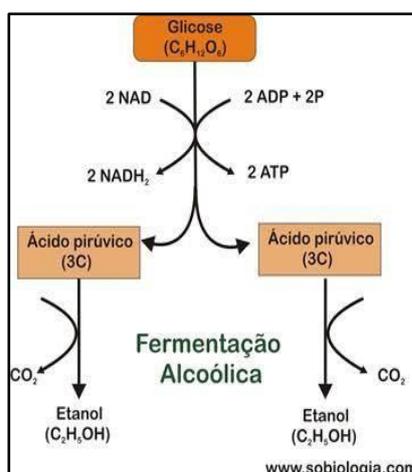
4.1.2 Concentração e Cristalização

Este processo consiste em concentrar a garapa e cristalizá-la para obtenção de dois compostos, o açúcar escuro que depois de um algum tipo de tratamento é obtido o açúcar cristal ou açúcar branco e o melaço que é usado para obtenção do etanol.

4.1.3 Fermentação

A fermentação alcoólica é um processo biológico no qual açúcares como a glicose, frutose e sacarose são convertidos em energia celular com produção de etanol e dióxido de carbono como resíduos metabólicos. Como este processo pode ser realizado sem a presença de oxigênio é considerado um processo anaeróbico.

FIGURA 2: Fermentação alcoólica



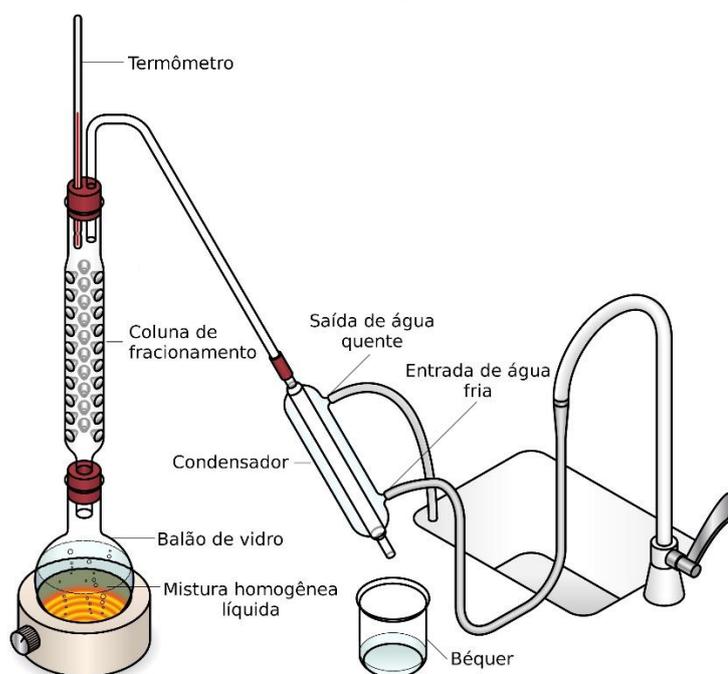
Fonte: https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3_2.php

Após o processo de fermentação do melaço, obtém-se o mosto fermentado, que pode ter aproximadamente 12% de etanol em volume.

4.1.4 Destilação Fracionada

O exemplo de aplicação industrial mais conhecido da destilação fracionada é sem dúvida o processo de craqueamento do petróleo, que origina os diversos compostos que podem ser comercializados e são provenientes de uma mistura homogênea de hidrocarbonetos e compostos inorgânicos chamada petróleo. Os equipamentos que fazem essa destilação são específicos para esta aplicação, e possuem a coluna de fracionamento em forma de torre, por onde passam as frações de compostos originários do petróleo em forma de vapor.

FIGURA 3: Destilação fracionada



Fonte: <https://www.infoescola.com/quimica/destilacao-fracionada/>

4.1.5. Etanol Anidro

O etanol anidro possui em sua composição cerca de 99,6% de etanol, sendo assim quase um etanol puro. A principal função deste tipo de etanol é a mistura com a gasolina, que faz com que o preço da gasolina diminua, também aumentando a octanagem, fazendo assim que solte menos gases poluentes no meio ambiente. De acordo com a lei 10.203/01, tanto a gasolina aditivada como a comum devem receber entre 20% e 24% de etanol anidro (AGÊNCIA SENADO; 2008).

Mais de 40 países ao longo dos anos adotaram mistura de etanol anidro na gasolina, entre eles estão Estados Unidos, China, Canadá e Paraguai, porém a porcentagem é de 5% a 10%.

4.1.6. Etanol Hidratado

O etanol hidratado consiste em um composto com uma concentração de água maior na composição do etanol, sendo presente cerca de 95,1% a 96% de etanol, o restante é água. É utilizado principalmente como combustível para carros com motores próprios.

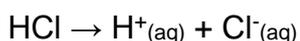
Mais de 60 países adotaram o etanol hidratado como uma forma de substituto para a gasolina, sendo eles Brasil - como o maior produtor e consumidor deste produto -, União Europeia - que usam em média cerca de 5% combustíveis renováveis -, Ásia e Oceania - como principal utilizador temos a China, que utiliza 10% de biocombustíveis (APLA, 2013).

4.2. HIDRÓLISE

Consiste em um fenômeno químico onde há a quebra de uma molécula em moléculas menores na presença de água, a partir da ação de íons (cátions e ânions) proveniente da ionização da água.



A ionização que acontece no processo da hidrólise, consiste em um fenômeno que ocorre quando uma substância molecular entra em contato com a água, reagindo e formando íons, que são espécies químicas carregadas eletricamente.



4.2.1. Tipos de Hidrólise

Temos presente 5 tipos de hidrólise, que são elas:

- Hidrólise pura - água é utilizada sozinha.
- Hidrólise ácida - uso de ácido mineral concentrado ou diluído em solução aquosa.
- Hidrólise alcalina - uso de soluções alcalinas diluídas ou concentrado.
- Fusão de álcali a alta temperatura - uso de álcali sem ou pouca quantidade de água.

- Hidrólise enzimática - com a utilização de enzimas.

Mas vamos nos focar na hidrólise ácida, alcalina e enzimática.

4.2.1.1. Hidrólise Ácida

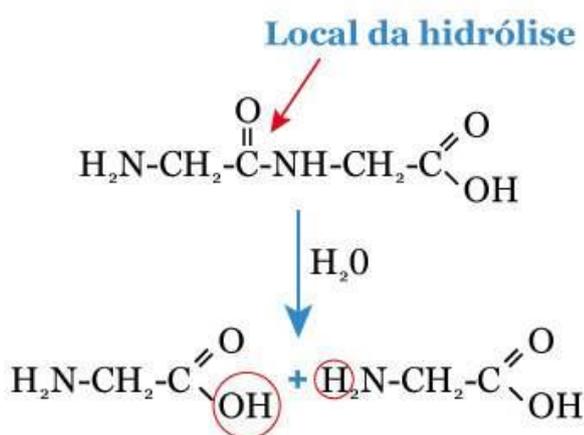
Consiste em um processo em que se utiliza um ácido mineral forte - em condições rígidas de temperatura e pH (pH entre 1 e 2 e temperatura de 100°C a 150°C) - em soluções aquosas, podendo ser diluído ou concentrado. Os ácidos mais utilizados neste processo são os ácidos sulfúrico (H₂SO₄) e clorídrico (HCl).

O uso deste tipo de hidrólise pode acarretar inconveniências no resultado final, como destruição parcial dos açúcares e a necessidade de correção de pH.

4.2.1.2. Hidrólise Alcalina

O processo de hidrólise alcalina consiste na utilização de álcalis em soluções aquosas, podendo ser concentradas ou diluídas. Também conhecida como hidrólise básica, a hidrólise alcalina consiste em um processo em que há a utilização de álcalis ou bases como substituto no lugar da água, onde ao final da reação temos a presença de um sal alcalino e um ácido, como pode ser observado na imagem a seguir.

FIGURA 4: Hidrólise alcalina



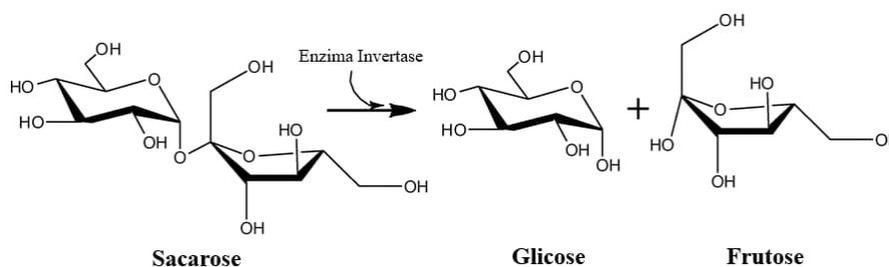
Fonte: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/quimica/hidrolise>

Segundo Barcza a hidrólise alcalina possui classes, que são elas: baixas concentrações de álcali na hidrólise, e que usado, por exemplo nas reações de ésteres; fusão de materiais orgânicos com soda cáustica; uso de álcali suficiente em alta concentração e sob pressão.

4.2.1.3 Hidrolise Enzimática

A hidrólise enzimática consiste em uma reação química na qual uma enzima (uma hidrolase que são enzimas que promovem a divisão de um material orgânico através da utilização da água) quebra uma molécula em outras duas moléculas menores. As enzimas empenham a função de catalisadores, aumentando a velocidade das reações e promovendo a diminuição da energia de ativação (energia necessária para iniciar a reação).

FIGURA 5: Hidrolise enzimática



Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/quimica/sacarose>

4.3 LEVEDURAS

Leveduras são uma variação de fungo, que não faz fotossíntese e de modo geral se reproduzem de forma assexuada, o que faz com eles se reproduzam de forma muito rápida e realizam respiração anaeróbica ou fermentação. São muito empregadas na produção de bebidas alcoólicas e de pães.

As leveduras são organismos anaeróbicos facultativos, ou seja, quebram com a molécula de carboidrato, dessa maneira produzem gás carbônico e álcool, o que favorece na produção de bebidas alcoólicas, que o processo que pode ser observado na **imagem 2**.

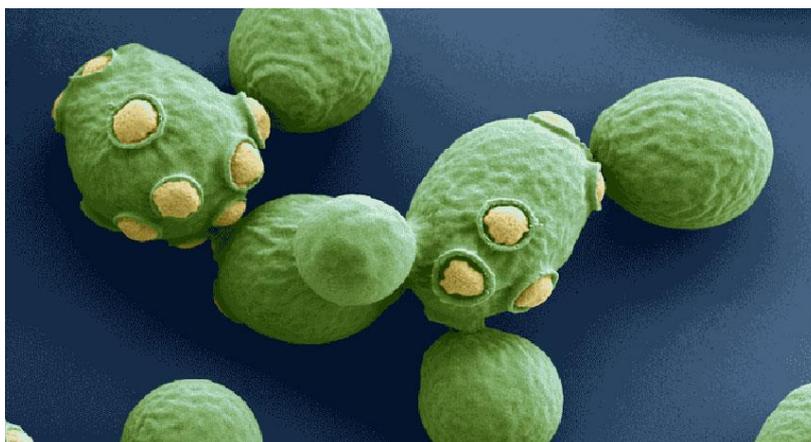
4.3.1 Levedura *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae é uma espécie de levedura domesticada há pelo menos 3 mil anos e seu extensivo uso e considerável valor econômico decorrem do fato de que algumas cepas deste fungo unicelular são utilizadas em diversos processos industriais empregados na elaboração de produtos fermentados –

como o etanol, e cepas de *S. cerevisiae* são empregadas na alimentação humana e animal.

A parede da levedura é composta por glucana (48-60%), que é um polímero de unidades de glicose com ligações $\beta(1-3)$ e $\beta(1-6)$, manoproteínas (20-23%), quitina (0,6-2,7%), que é composta por $\beta(1-4)$ N-acetilglicosamina e uma pequena porção de lipídios.

FIGURA 6: Levedura *Saccharomyces cerevisiae*

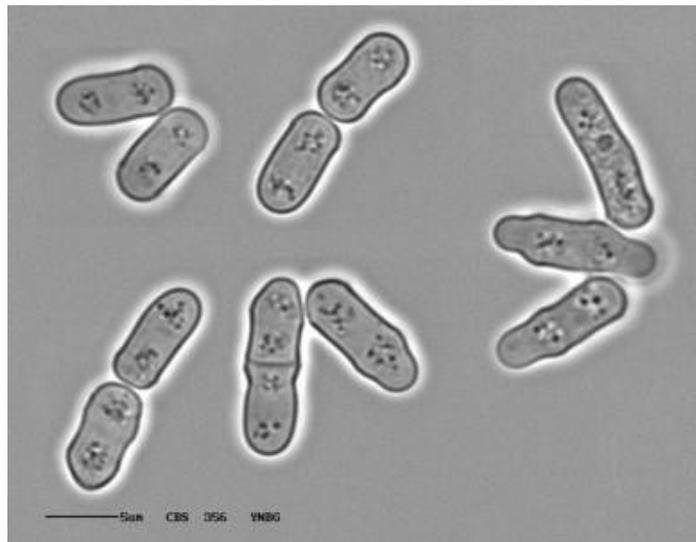


Fonte: <https://univitta.net/blog/o-que-sao-leveduras-o-que-e-saccharomyces-cerevisiae>

4.3.2 Levedura *Schizosaccharomyces*

O gênero *Schizosaccharomyces* geralmente tem sido descrito como microrganismos destruidores de alimentos devido à produção de metabólitos com impactos sensoriais negativos, como ácidos voláteis, H₂S ou acetaldeído. Esses microrganismos, no entanto, também têm sido usados no nível industrial na fermentação da cana-de-açúcar durante a fabricação do rum, a produção do vinho de palma e a fermentação do cacau.

A maioria das pesquisas concentra-se em sua capacidade de metabolizar quase todo o ácido málico com a produção de etanol, em vez de seu poder fermentativo. Outros gêneros de leveduras também são capazes de reduzir os níveis de ácido málico, mas apenas aumentando as taxas em torno de 20%.

FIGURA 7: Levedura Schizosaccharomyces

<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/schizosaccharomyces>

4.3.2 Levedura Pichia

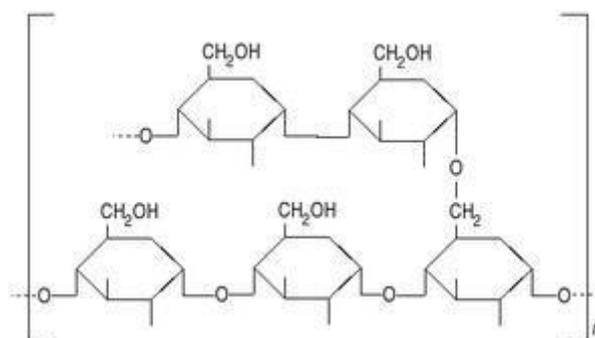
Pichia ou também conhecida como Hansenula e Hyphopichia, porém estes dois são sinônimos não muito usados, é um gênero de leveduras da família Saccharomycetaceae, que possuem células esféricas, elípticas ou também oblongo-acuminadas. A Pichia é um teleomorfo, ou seja, durante sua reprodução assexuada formam-se ascósporos redondos, hemisféricos ou em forma de chapéu. (DOCTOR FUNGOS, 2007).

Algumas espécies de Pichia possuem anamorfos que são espécies de Cândida. A reprodução desta levedura é por gemulação multilateral. Esta espécie não fermenta e nem se assimila com a Lactose, já com os carboidratos, vai depender muito da espécie utilizada e os nitratos são sempre assimilados pelas Pichias.

Atualmente se conhece cerca de 100 espécies deste gênero. Algumas delas interferem no processo de fermentação para produção de álcool, Na maioria das vezes esta espécie é encontrada em plantas em decomposição, algumas vivem em simbiose com insetos que habitam em plantas em decomposição.

4.4 AMIDO

O amido é um polissacarídeo formado por moléculas de α -glicose a amilose e da amilopectina, sendo armazenado em diversos meios vegetais. O amido é considerado um polissacarídeo, ou seja, um carboidrato formado pela união sucessiva de várias moléculas de α -glicose.

FIGURA 8: Molécula de α -glicose

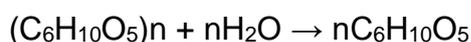
fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Amido>

A amilose é uma molécula formada por pela união de milhares de α -glicose, ligadas por meio de pontes glicosídicas (α -1,4), que tendem a assumir um arranjo helicoidal.

A amilopectina é um biopolímero de alto peso molecular, formado por longas cadeias e muito ramificada com α -glicose unidas entre a ligação glicosídica (α -1,4). Essa ramificação se dá por conta de ligações cruzadas entre o carbono número 1 de uma unidade de glicose e ao carbono número 6 de outra unidade, chamada de ligação glicosídica (α -1,6). O amido possui cerca de 70 a 80% de amilopectina.

O amido é considerado também um polímero de condensação, isto significa, que ocorre a condensação das moléculas de α -glicose com eliminação de água. Como o amido é a principal fonte de energia das plantas, ele está presente em raízes, frutos, tubérculos e sementes.

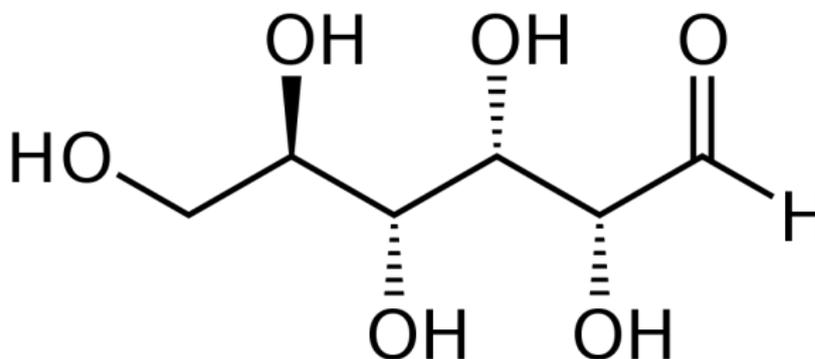
Já no corpo o amido sofre o processo de hidrólise, que no caso é uma reação química, na qual a molécula de água quebra uma ou mais ligações químicas do amido, na saliva ou no estômago através de uma enzima chamada amilase (FOGAÇA; 2017). Glicose transformada em glicogênio:



4.5 CARBOIDRATOS

Carboidratos são moléculas orgânicas que apresentam em sua estrutura carbono, oxigênio e hidrogênio. Podem ser denominados de glicídios, açúcares e hidratos de carbono. Os carboidratos podem ser classificados como monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos.

FIGURA 9: Molécula de carboidrato (glicose)



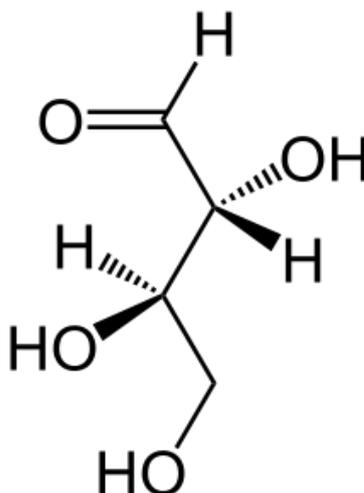
Fonte: <https://www.infoescola.com/bioquimica/glicose/>

Os carboidratos participam da formação das estruturas de células e de ácidos nucleicos. Quando são ingeridos por algum ser vivo fazem a liberação de glicose, fornecer energia para as células e fazer a manutenção metabólica glicêmica, que faz com que o organismo continue funcionando.

4.5.1 Monossacarídeo

É um dos composto mais simples e que não sofre hidrólise. Sua estrutura é basicamente uma cadeia de carbono linear e simples. Como exemplo pode se citar a glicose, a frutose e a galactose.

Imagem 10: Monossacarídeo (eritrose)



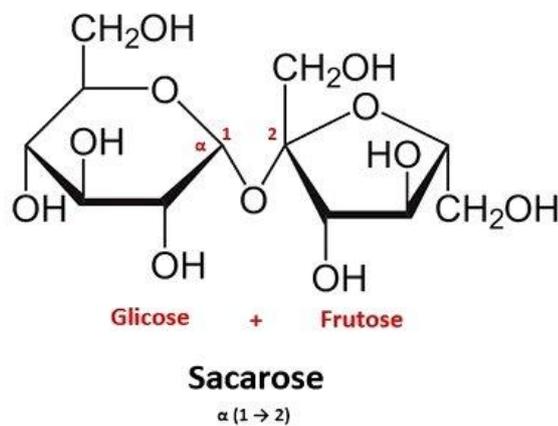
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Monossacar%C3%ADdeo>

Os principais monossacarídeos são: frutose - que está presente na maioria das plantas e mel -, glicose - também é encontrado em frutas e mel -, galactose - presente na molécula de leite - e ribose - compõem a estrutura do RNA.

4.5.2 Dissacarídeo

São cadeias orgânicas constituídas por duas unidades de monossacarídeos unidos por uma ligação glicosídica. Os principais dissacarídeos são: sacarose, lactose e maltose.

FIGURA 11: Dissacarídeo (sacarose)

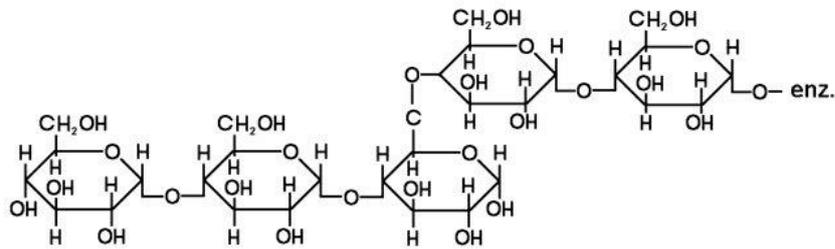


Fonte: <https://www.todamateria.com.br/dissacarideos/>

4.5.3 Polissacarídeo

São formados por 10 ou mais monossacarídeos. Possuem cadeias longas e podem conter moléculas de nitrogênio e enxofre.

FIGURA 12: Polissacarídeo



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/polissacarideos/#:-:text=Polissacar%C3%ADdeos%20s%C3%A3o%20grandes%20pol%C3%ADmeros%20naturais,carboidratos%2C%20tamb%C3%A9m%20conhecidos%20como%20glicanos.>

Os principais polissacarídeos são: glicose - presente nos vegetais, na formação da parede celular das plantas -, amido - presente em inúmeras espécies de vegetais -, quitina - presente nos exoesqueletos dos animais e nas paredes celulares dos fungos - e glicogênio - presente nos animais e nos fungos.

4.5.4 Tipos de Carboidratos

4.5.4.1 Carboidrato Simples

Formado por monossacarídeos e dissacarídeos, é representado principalmente por frutose, glicose e sacarose. No corpo a absorção pode ser muito rápida, podendo aumentar o nível de glicose no sangue.

Os carboidratos simples podem ser usados pelo corpo para produção de energia ou podem ser armazenados pelo corpo para uso posterior.

4.5.4.2 Carboidrato Complexo

São formados por polissacarídeos no corpo a absorção e digestão mais lenta. como são formados por 10 ou mais monossacarídeos, geram fibras que dão mais sensação de saciedade.

Estão presentes em grãos integrais, e como são absorvidos de forma mais lenta não causam grande alteração glicêmica no sangue.

4.6 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA BATATA

A batata, no Brasil é conhecida como batata-inglesa, no caso a mesma é originária da região dos Andes, na América, onde vem sendo cultivada há cerca de sete mil anos. Porém na Europa foi somente introduzida em meados do século XVI. É uma hortaliça do tipo tubérculo, da família Solanácea, a mesma do tomate, da berinjela, do jiló e do pimentão.

Dentre as hortaliças subterrâneas ricas em amido destaca-se como fonte de vitamina C e B3, além de ser rica em carboidratos e também potássio, vale destacar que a batata é pobre em gordura e além disso a mesma é uma das fontes de alimentos mais consumidas pela humanidade, atrás apenas do arroz e trigo. (LANA; TAVARES, 2010).

TABELA 1: Componentes da batata (g/100g) na matéria integral, conforme Smith (1977).

Componentes	Média (%)	Variação (%)
Umidade	77,5	63,2 - 86,9
Sólidos totais	22,5	13,1 - 36,8
Carboidratos totais	19,4	13,3 - 30,5
Proteínas	2,0	0,7 - 4,6
Cinzas	1,0	0,44 - 1,9
Fibras	0,6	0,17 - 3,48
Lipídeos	0,1	0,02 - 1,0

Fonte: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2017/04/ALEXANDRA-SANTOS.pdf>

4.6.1 Casca da Batata

A casca da batata, normalmente descartada aqui no Brasil, no preparo dos mais variados tipos de pratos, são ricas em amido e esse amido pode ser liquefeito e fermentado para gerar álcool combustível. Estima-se que cada 8 a 10 kg de resíduo possa gerar 1,0 L de etanol. O resíduo da batata também pode ser empregado para alimentação animal desde que as batatas estejam cozidas. Abaixo encontra-se na Tabela 2 alguns dados sobre a composição da batata crua sem casca, crua com casca e somente da casca de batata:

TABELA 2: Composição nutricional da batata, conforme Tabela de Composição Nutricional das Hortaliças (2000).

Constituintes (em 100 gramas)	Batata crua sem casca	Batata crua com casca	Casca da batata
Fibra (%)	0,4	3,3	2,9
Calorias	78,5	-	-
Água	83,29	-	-
Vit. A (retinol) (μ)	6	-	-
Vit. B1 (μ)	90	-	-
Vit. B2 (μ)	30	-	-
Niacina (mg)	1500	-	-
Vit. C (ac. ascórbico) (mg)	17,4	-	-
Cobre (mg)	-	-	-
Enxofre (mg)	43	-	-
Magnésio (mg)	-	30	16
Manganês (mg)	-	0,602	0,74
Zinco (mg)	0,200	0,440	0,24
Potássio (mg)	394,4	407,00	12,60
Sódio (mg)	47,40	-	-
Cálcio (mg)	9	-	-
Ferro (mg)	-	1,000	-
Fósforo (mg)	69	-	-

* por diferença das duas 1^{as} colunas.

Fonte: Ciência Rural, v.43, n.3, mar, 2013.

4.7 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA BETERRABA

A beterraba é uma hortaliça tuberosa, da família Quenopodiácea, assim como a acelga e o espinafre verdadeiro, originária da Europa. Muitas das vezes qualificada como raiz, porém ela é apenas o resultado do engrossamento de uma porção do caule. Tem-se três tipos de beterraba a denominada açucareira, que é destinada na produção de açúcar e ou álcool, a beterraba forrageira, usada na alimentação de animais e a beterraba consumida como hortaliça, que é a mais conhecida no Brasil.

A beterraba é rica em açúcares e ainda se destaca dentre as hortaliças pelo alto teor de fibras alimentares, potássio, manganês e zinco. Vale ressaltar que fornece vitamina B9 (ácido fólico) e vitamina C também.

TABELA 3 – Composição centesimal e polifenóis totais de folhas, hortaliças, cascas e sementes de vegetais.

	Calorias (kcal)	CHO (g)	FB (g)	PTN (g)	LIP (g)	CZ (g)	U (g)	PT(mg)
Folhas								
Couve-flor	20,9	2,52	0,96	2,19	0,22	0,97	93,1	65,70
Beterraba	18,3	2,39	0,72	1,88	0,13	1,70	93,2	28,99
Brócolis	34,6	3,89	1,26	3,87	0,40	1,29	89,3	137,15
Cenoura	40,0	6,91	1,58	2,82	0,12	1,71	86,9	74,79
Talos								
Couve-flor	20,8	3,48	1,29	1,56	0,07	0,77	92,8	66,86
Beterraba	13,7	2,23	0,73	1,13	0,03	1,37	94,5	43,87
Brócolis	18,4	2,99	1,15	1,48	0,06	0,93	93,4	41,40
Cenoura	23,5	4,88	2,00	0,83	0,08	1,67	90,5	-
Espinafre	9,3	1,32	0,89	0,95	0,03	1,26	95,6	25,29
Cascas								
Moranga	91,5	14,98	3,90	4,45	1,53	1,28	73,9	105,10
Batata	52,1	10,45	0,97	2,40	0,08	1,05	85,1	88,44
Chuchu	18,1	3,20	1,78	1,19	0,06	0,55	93,2	-
Laranja	83,1	17,96	3,55	1,81	0,45	1,39	74,8	631,29
Banana	16,9	2,92	1,00	0,51	0,35	1,29	93,9	38,73
Manga	62,5	13,91	4,16	1,15	0,25	0,44	80,1	238,62
Melão	18,9	2,13	4,58	2,03	0,25	1,19	89,8	64,85
Mamão p.	26,4	3,35	2,09	2,76	0,22	1,67	89,9	-
Sementes								
Moranga	79,3	9,05	6,08	5,66	2,27	1,02	75,9	-
Melão	109,0	15,57	16,02	9,56	0,94	1,64	56,3	-
Mamão p.	34,5	0,86	7,33	4,03	1,66	1,70	84,4	22,53
Parte nobre								
Couve-flor	23	4,5	2,4	1,9	0,2	0,6	92,8	-
Beterraba	49	11,1	3,4	1,9	0,1	0,9	86,0	-
Brócolis	25	4,0	2,9	3,6	0,3	0,8	91,2	-
Cenoura	34	7,7	3,2	1,3	0,2	0,9	90,1	-
Espinafre	16	2,6	2,1	2,0	0,2	1,2	94,0	-
Moranga	12	2,7	1,7	1,0	0,1	0,4	95,9	-
Batata	64	14,7	1,2	1,8	-	0,6	82,9	-
Chuchu	17	4,1	1,3	0,7	0,1	0,3	94,8	-
Laranja	37	8,9	0,8	1,0	0,1	0,3	89,6	-
Banana	98	26	2,0	1,3	0,1	0,8	71,9	-
Melão	29	7,5	0,3	0,7	-	0,5	91,3	-
Manga	64	16,7	1,6	0,4	0,3	0,4	82,3	-
Mamão	40	10,4	1,0	0,5	0,1	0,4	88,6	-

CHO = carboidrato; FB = fibra bruta; PTN = proteína; LIP = lipídio; CZ = cinzas; U = umidade; PT = polifenóis totais.

Fonte: Ciência Rural, v.43, n.3, mar, 2013.

4.7.1 Casca de Beterraba

A casca de beterraba, alimento comumente utilizado na alimentação brasileira, normalmente é descartada no preparo de variados tipos de pratos, porém a mesma pode ser destinada na produção de vários outros produtos ou alimentos, como na produção de corantes alimentícios e também na produção de etanol.

TABELA 4 – Teor de nutrientes encontrados nos talos e nas cascas dos alimentos analisados.

	Casca		Talo	
	Cenoura	Beterraba	Couve flor	Brócolis
Valor calórico (kcal)	26,2 ± 1,0	33,0 ± 0,9	29,1 ± 0,5	24,8 ± 0,7
Carboidratos (g/100 g)	3,6 ± 0,3	5,7 ± 0,5	5,7 ± 0,8	4,4 ± 0,5
Proteínas (g/100 g)	2,1 ± 0,2	1,4 ± 0,3	0,9 ± 0,3	1,5 ± 0,4
Lipídios (g/100 g)	0,3 ± 0,1	0,5 ± 0,2	0,3 ± 0,1	0,1 ± 0,0
Fibras (g/100 g)	1,0 ± 0,4	3,1 ± 0,5	2,8 ± 0,4	4,0 ± 0,3
Cinzas (g/100 g)	1,0 ± 0,2	1,63 ± 0,3	0,9 ± 0,3	1,1 ± 0,4
Vitamina C (mg/100 g)	8,0 ± 1,0	5,0 ± 1,2	46,0 ± 1,5	70,4 ± 1,3
Umidade (%)	91,7 ± 1,6	87,7 ± 1,2	89,0 ± 1,6	88,2 ± 1,8

Fonte: Ciência Rural, v.43, n.3, mar, 2013.

4.8. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO – PH

O pH basicamente corresponde ao potencial hidrogeniônico de uma solução, ou seja, ele é determinado pela concentração de íons de hidrogênio (H⁺) e tem como principal função medir o grau de acidez, neutralidade e alcalinidade de uma determinada solução. Como exemplo pode-se se citar a água pura (H₂O) que possui pH de 7,00 a 25 °C.

4.9. GRAU BRUX - °BRUX

Brix ou índice refracto métrico é uma escala numérica e hidrométrica de índice de refração de uma solução, amiúde utilizada para determinar a quantidade de açúcar presente nessa mesma solução. Um grau Brix é igual a 1 grama de açúcar por 100 gramas de solução ou 1% de açúcar. Uma solução de 25 °Brix tem 25 gramas do açúcar da sacarose por 100 gramas de líquido. Por outras palavras, os 100 gramas da solução decompõem-se em 25 gramas do açúcar da sacarose e a 75 gramas da água.

5 METODOLOGIA

5.1 PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ETANOL

A seguinte metodologia, usa como princípio a obtenção de etanol a partir da beterraba vermelha, *Beta vulgaris esculenta*, pois é a beterraba de mais fácil acesso em nossa sociedade e é a mais consumida dentre a população. O processo de obtenção de etanol a partir da beterraba açucareira ou beterraba branca, *Beta vulgaris*, pois os níveis de açúcar presente nesta espécie de beterraba é muito superior ao da beterraba vermelha, mas a comercialização da beterraba do gênero *vulgaris* (branca) só é comercializado na França, que detém o topo de maior produtora desta leguminosa, após vem Rússia e logo após Estados Unidos.

A obtenção de etanol pode ser feita de três formas diferentes, sendo elas, sacarídeas, amelaçes e celulósica. A usada ultimamente em larga escala no Brasil é o meio com as sacarídeas, tendo como principal utilizador a cana-de-açúcar, tanto na obtenção de etanol anidro, etanol hidratado e açúcar.

5.1.1 Sacarídeos

Sacarídeo é um composto orgânico contendo açúcar ou açúcares. Eles são divididos em monossacarídeos, dissacarídeos, tris-sacarídeos e polissacarídeos de acordo com o número de grupos de sacarídeos que os compõem. Os sacarídeos são uma das biomoléculas mais importantes do mundo.

Também conhecidos como carboidratos, eles são responsáveis por vários papéis em todos os seres vivos, principalmente no controle da energia nas células e no fornecimento de integridade estrutural. Além disso, os sacarídeos desempenham um papel no sistema imunológico, desenvolvimento e fertilização. Essas moléculas são a matéria orgânica mais abundante do planeta.

Eles fornecem a espinha dorsal básica do armazenamento de energia, abastecem a função celular e tornam os processos metabólicos estáveis. Além disso, os sacarídeos formam a estrutura do ácido ribonucleico (RNA) e do ácido desoxirribonucleico (DNA) com os açúcares básicos ribose e desoxirribose. As paredes celulares bacterianas e vegetais são compostas pela biomolécula, resultando em sua enorme abundância.

Por fim, esses carboidratos desempenham o papel principal no controle das interações das próprias células, bem como das coleções de células. Isso é causado

pelo vínculo sacarídeo com proteínas e lipídios. Os sacarídeos são compostos de dois compostos básicos: aldeídos e cetonas, ambos contendo um grupo carbonil composto por átomos de carbono e oxigênio de ligação dupla. Os aldeídos têm a adição de um átomo de hidrogênio, enquanto as cetonas se ligam a dois átomos de carbono adicionais. No entanto, existem formas adicionais de sacarídeos que apresentam ligações covalentes nas quais os elétrons são compartilhados por oxigênio e hidrogênio. Estes são conhecidos como grupos hidroxila.

Quando um composto para esta biomolécula é coletado, ele é conhecido como monossacarídeo. Os principais exemplos destes são glicose, galactose e frutose.

A glicose também é conhecida como açúcar no sangue e é a principal fonte de energia para uma célula.

Galactose e frutose também são açúcares importantes. A galactose é encontrada mais facilmente no leite e produtos lácteos, enquanto a frutose é encontrada na maioria dos vegetais e frutas.

Os monossacarídeos se fundem em grupos vinculados conhecidos como polissacarídeos. Polissacarídeos são essencialmente estruturas de carboidratos formadas a partir de unidades repetidas ligadas quimicamente.

Esta forma de ligação é conhecida como ligação cosídica. Geralmente, os polissacarídeos se formam em compostos lineares; no entanto, várias ramificações podem ocorrer, alterando a forma.

Os polissacarídeos são conhecidos como macromoléculas e apresentam várias propriedades diferentes, como reposicionamento de átomos e possível insolubilidade na água.

Um exemplo de reposicionamento está na forma de DNA. O DNA é apenas RNA com uma versão modificada da ribose chamada desoxirribose. O termo sacarídeo refere-se à estrutura unitária dos carboidratos.

Os carboidratos são compostos orgânicos simples que são aldeídos ou cetonas com muitos grupos hidroxila adicionados geralmente a cada átomo de carbono que não faz parte do grupo funcional aldeído ou cetona.

Eles são um componente estrutural essencial das células vivas.

Eles podem ser classificados de acordo com o número de unidades monoméricas que os compõem: monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos, polissacarídeos e heterossacarídeos.

A combinação de dois açúcares simples é chamada de dissacarídeo, enquanto os que consistem em dois a dez açúcares simples são chamados de oligossacarídeos, e aqueles com um número maior são chamados de polissacarídeos.

5.1.2 Amelaces

A amelace é uma fonte de amido proveniente de plantas que apresentam órgãos ricos em amido e são ótimos detentores de energia. O amido pode ser extraído de cereais, raízes ou tubérculos. A molécula de amido é formada por cadeias alfa-D-Glucose, que podem ser lineares, presente na **imagem 4**.

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria, por isso são aquecidas em excesso de água onde se dissolvem, liberando as macromoléculas amilase e amilopectina, formando um gel viscoso (processo conhecido como gelatinização do amido). Este processo pode ser observado quando se adiciona amido de milho para fazer o engrossamento de molhos.

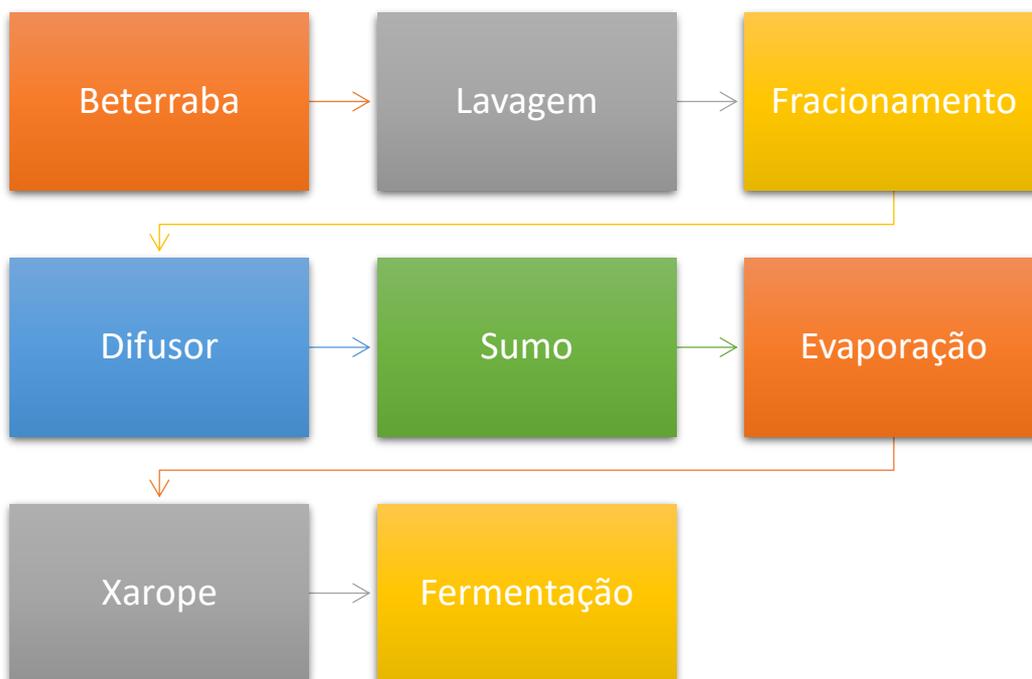
Amidos provenientes de raízes e tubérculos não apresentam tais lipídios (que são proveniente de cereais), por isso apresentam maior concentração de amilopectina e também não possuem glúten, podendo ser usado na formulação de produtos destinados a pessoas celíacas - doença celíaca é uma patologia autoimune que afeta o intestino delgado de adultos e crianças geneticamente predispostos, precipitada pela ingestão de alimentos que contêm glúten.

5.1.3 Celulósica

A celulose é um polímero de cadeia longa composto de um só monômero, classificado como polissacarídeo ou carboidrato. É um dos principais constituintes das paredes celulares das plantas, em combinação com a lignina, com hemicelulose e pectina e não é digerível pelo homem, constituindo uma fibra dietética.

5.2 PROCESSO INDUSTRIAL

Após a colheita, a beterraba é submetida pelos seguintes processos na indústria

FIGURA 13: Processo industrial para obtenção de água ardente da beterraba

Fonte: Acervo pessoal, 2022

É muito importante enfatizar neste ponto que a beterraba utilizada nos processos descritos a seguir é a beterraba açucareira ou beterraba branca, do gênero *Beta vulgaris*. Já a beterraba utilizada no presente trabalho será a beterraba vermelha, do gênero *Beta vulgaris esculenta*, pois é a beterraba de mais fácil obtenção e produção em larga escala no Brasil hoje.

Para ficar mais claro o do porquê dá utilização da beterraba vermelha apresento uma tabela nutricional fornecida diretamente pela Fatsecret Brasil, onde pode ser visto que a concentração de carboidratos e açúcares tem um valor consideravelmente alto, mas não se compara ao da beterraba açucareira ou até mesmo a cana-de-açúcar (carboidratos tem cerca de 49,82 g e açúcares em 17,14 g) (FATSECRET, 2021).

TABELA 5: Composição de alimentos por 100 gramas de parte comestível: Centesimal, minerais, vitaminas e colesterol.

Número do Alimento	Descrição do Alimento	Umidade (%)	Energia		Proteína (g)	Lípidos (g)	Colesterol (mg)	Carbo-	Fibra	Cálcio (mg)	Magnésio (mg)	
			(kcal)	(kJ)				idrato (g)	Alimentar (g)			Cinzas (g)
33	Batata, baroa, crua	74	101	423	1	Tr	0	24	2,1	1,1	17	12
34	Batata, doce, crua	70	118	495	1	Tr	0	28	2,6	0,9	21	17
35	Batata, inglesa, crua	83	64	269	2	Tr	0	15	1,2	0,6	4	15
36	Berinjela, crua	94	20	82	1	Tr	0	4	2,9	0,4	9	13
37	Beterraba, crua	86	49	204	2	Tr	0	11	3,4	0,9	18	24
38	Brócoli, cru	91	25	107	4	Tr	0	4	2,9	0,8	86	30
39	Cará, cru	74	96	400	2	Tr	0	23	7,3	0,9	*	11
40	Cebola, crua	89	39	165	2	Tr	0	9	2,2	0,4	14	404
41	Cebolinha, crua	94	20	82	2	Tr	0	3	3,6	0,5	80	25
42	Cenoura, crua	90	34	143	1	Tr	0	8	3,2	0,9	23	11
43	Chicória, crua	95	14	58	1	Tr	0	3	2,2	0,8	45	14
44	Chuchu, cru	95	17	71	1	Tr	0	4	1,3	0,3	12	7
45	Couve, manteiga, crua	91	27	113	3	1	0	4	3,1	1,3	*	35
46	Couve-flor	93	23	94	2	Tr	0	5	2,4	0,6	18	12
47	Espinafre, cru	94	16	67	2	Tr	0	3	2,1	1,2	98	82
48	Inhame, cru	73	97	405	2	Tr	0	23	1,7	1,2	12	29
49	Jiló, cru	92	27	114	1	Tr	0	6	4,8	0,6	20	21
50	Mandioca, crua	62	151	634	1	Tr	0	36	1,9	0,6	15	44
51	Mandioca, farinha, crua	9	361	1510	2	Tr	0	88	6,4	0,9	65	37
52	Manjeriço, cru	93	21	88	2	Tr	0	4	3,3	1,0	211	58
53	Maxixe	95	14	58	1	Tr	0	3	2,2	0,7	21	10
54	Nabo, cru	94	18	76	1	Tr	0	4	2,6	0,8	42	15
55	Pepino, cru	97	10	40	1	Tr	0	2	1,1	0,3	10	9
56	Pimentão, amarelo, cru	92	28	117	1	Tr	0	6	1,9	0,5	10	11
57	Pimentão, verde, cru	94	21	89	1	Tr	0	5	2,6	0,4	9	8
58	Pimentão, vermelho, cru	93	23	97	1	Tr	0	5	1,6	0,4	6	11
59	Polvilho, doce	13	351	1470	Tr	Tr	0	87	0,2	0,2	27	4
60	Rabanete, cru	95	14	57	1	Tr	0	3	2,2	0,7	21	10
61	Repolho, branco, cru	95	17	72	1	Tr	0	4	1,9	0,4	35	9
62	Salsa, crua	89	33	140	3	1	0	6	1,9	1,8	179	698
63	Seleto de legumes, enlatada	82	62	260	3	Tr	0	13	3,1	1,4	16	16
64	Tomate, com semente, cru	95	15	64	1	Tr	0	3	1,2	0,5	7	11
65	Tomate, purê	91	28	117	1	Tr	0	7	1,0	1,0	13	15
66	Tomate, extrato	80	61	255	2	Tr	0	15	2,8	2,8	29	29
67	Vagem, crua	92	25	104	2	Tr	0	5	2,4	0,5	41	18

Fonte: https://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=1

5.2.1 Beterraba

A beterraba é uma hortaliça pertencente à família Chenopodiaceae, a mesma da acelga e do espinafre, cuja raiz tuberosa serve para diversos fins. As beterrabas são originárias de regiões da Europa e do norte da África; são plantas típicas de climas temperados. Falando especificamente das raízes, que são as partes aproveitadas, são largas e escuras. Sua coloração vermelha, bastante conhecida, é resultante da combinação de dois tipos de pigmentos: beta cianina e betaxanatina.

Atualmente existem certas espécies de beterrabas que possuem outras cores, como a beterraba amarelo-ouro, por exemplo. As beterrabas são ricas em vitaminas A, do Complexo B e C, no entanto, essa última só é aproveitada quando as mesmas são consumidas cruas. A raiz também possui boas quantidades de sais minerais, especialmente de Sódio, Magnésio, Potássio, Zinco, e Ferro, principalmente.

5.2.2 Lavagem

Esta etapa do processo tem como objetivo retirar toda e qualquer sujidade presente na beterraba na hora da colheita

5.2.3 Fracionamento

Aqui a o Fracionamento em fatias finas da beterraba para aumentar a superfície de extração da sacarose.

5.2.4 Difusor e Sumo

Após o Fracionamento a beterraba é encaminhada para o difusor, que é um tanque onde a beterraba e água circulam, aumentando o tipo de contato e conseqüentemente aumentando a concentração de açúcar na solução aquosa.

5.2.5 Evaporação e Xarope

Nesta etapa, se visa a aumentar a concentração de açúcar na solução aquosa, formando assim um xarope mais expeço.

5.2.6 Fermentação

A rota biotecnológica mais utilizada para o processo fermentativo é por meio da levedura *Saccharomyces cerevisiae* – que é o micro-organismo mais estudado no processo fermentativo em escala industrial no Brasil.

A levedura irá fermentar o açúcar presente no xarope obtido anteriormente. Ao final da Fermentação será obtido o caldo fermentativo, que se constitui em uma fase líquida, onde está presente o etanol a ser destilado e as leveduras responsáveis pela Fermentação.

5.3 PROCESSO PRÁTICO

5.3.1 Hidrolise da casca da beterraba

Sabendo que a hidrólise consiste em uma quebra de moléculas maiores em moléculas menores na presença de água, e sabendo qual tipo de hidrólise melhor se encaixa no processo (hidrólise ácida), será analisado a eficiência ou ineficiência do uso da hidrólise ácida no processo empregado até então (hidrólise ácida da casca da beterraba para fermentação e então destilação para obtenção de álcool, baseado em

estudo de fora do círculo brasileiro e se utilizando de outra espécie de beterraba *Beta vulgaris* L. Sinonímias, que é a comumente utilizada e comercializada no Brasil).

Para o preparo da hidrólise, foi pesado cerca de 2,000 g da amostra (casca da beterraba) e triturada com a mão, fazendo com que a superfície de contato do analito entre em melhor contato com a substância hidrolisante, e posto cerca de 100mL de água destilada e 60 ml de ácido clorídrico. Tampou-se a solução e colocou-se em uma chapa aquecedora com agitação constante até que atingisse ebulição. Logo após a ebulição foi desligado e deixado descansar por pelo menos 30 min – isso sempre em constante agitação, usando uma chapa de aquecimento para tal processo.

Passados os 30 min, a solução foi filtrado em um filtro com papel de filtro duplo. Após a filtração completa da amostra, foi feita a lavagem do filtrante com água gelada para eliminar todo cloreto presente no analito. Logo após a lavagem foi feito o teste com nitrato de prata no analito na presença de ácido nítrico.

5.3.2 Fermentação Utilizando a Polpa e o Sulco Proveniente Do Cuzimento Da Beterraba

Diante das impossibilidades apresentadas pela hidrólise da casca da beterraba e obtermos um resultado insatisfatório, optamos pela utilização do tubérculo como um todo.

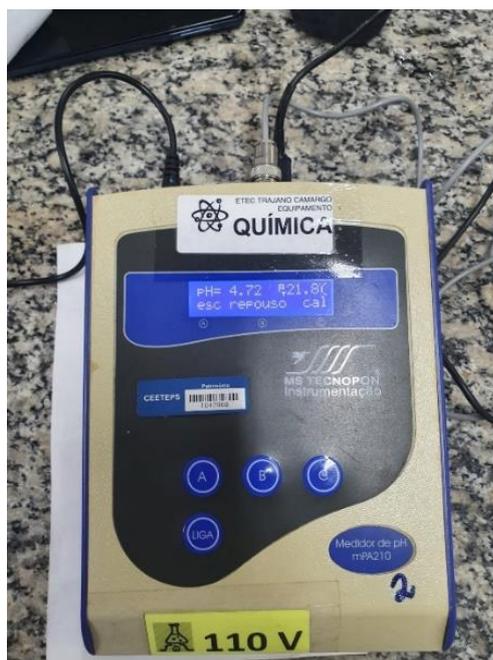
Para começarmos, foi feito o descascamento da beterraba para que pudéssemos chegar a polpa e a casca foi descartada, pois como já vimos ela acaba sendo ineficiente para se utilizar com a polpa. Após descascado foi cortado em pedaços menores para que se cozinha com mais facilidade e pudesse bater com mais facilidade também. Após cozido foi batido no liquidificador e obteve uma polpa mais líquida, logo após foi filtrado com um pano de prato para que se obtivesse um líquido mais “limpo”.

Com o líquido da batida feito, foi-se para o passo da correção do °brix, pois o farol de sólidos solúveis e a porcentagem de açúcar não eram os ideia para um fermentação adequada. Precisávamos que ficasse entre 14° e 22° brix, deixamos em 15,1° brix como mostra imagem 15 abaixo

FIGURA 14: Valor de °brix medido

Fonte: Acervo pessoal, 2022

Foi feita a correção do pH, pois precisamos de um pH levemente ácido para que a fermentação seja mais eficiente, obtendo assim o fermentado completo. Ajustamos o pH para 4,72, como mostra na imagem (no valor teórico precisávamos do pH entre 4 e 5) – correção foi feita com ácido sulfúrico 10%.

FIGURA 15: Valor de pH medido

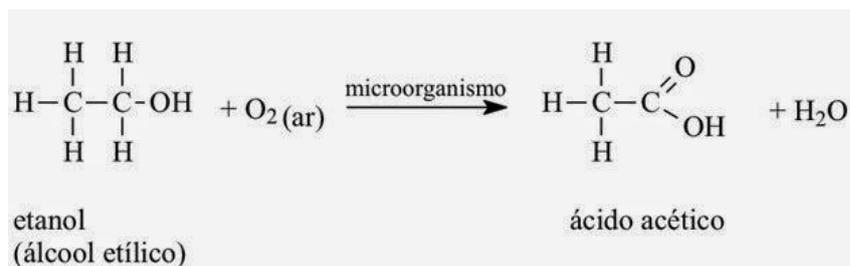
Fonte: Acervo pessoal, 2022

Após, foi feito o pé de cuba, utilizando cerca de 5,000g de fermento *Saccharomyces Cerevisiae* ou normalmente conhecido como fermento de pão, em um Erlenmeyer de 250mL com 50 ml de água D.I. e 10,000g de açúcar, para fazer o ativamente do fermento.

Após toda correção de grau brix e pH feita no líquido obtido com a trituração da beterraba foi colocado em um Recipiente (garrafa pet) com um respirador na ponta, para fazer com os gases da fermentação saíssem, mas não entrasse nenhum gás externo, pois se não o mosto viraria ácido acético, como indicado na imagem a seguir. Junto com o líquido na garrafa foi incrementado com pé de cuba anteriormente preparado, para que desce início ao processo de fermentação, foi vedado o recipiente (assim que vedado e esperado 5min., foi possível perceber a formação de espumas na superfície do líquido, indicando assim o início da fermentação.

A levedura levou entorno de 3 (três) dias para que consumisse todo o açúcar presente no fermentado, percebe-se o fim da fermentação quando para de aparecer bolhas em cima do fermentado

FIGURA 16: Formação de ácido acético no mosto com a presença de ar no sistema.



Fonte: [https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/oxidacao-alcool-primario.htm#:~:text=O%20vinho%20possui%20etanol%20\(um,%C3%A1cido%20presente%20no%20vinagre%20comercial.](https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/oxidacao-alcool-primario.htm#:~:text=O%20vinho%20possui%20etanol%20(um,%C3%A1cido%20presente%20no%20vinagre%20comercial.)

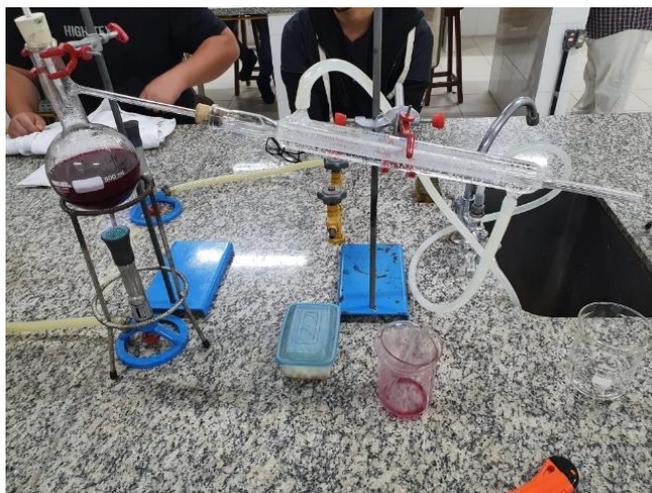
5.3.2.1 Destilação Simples

De primeiro momento a destilação simples foi escolhida para um estudo de conhecimento das formas de destilação, o método de aquecimento escolhido foi a chama, que acabou se mostrando o método menos eficaz para este processo, pois acaba gerando muito arraste para o destilado como é mostrado na imagem 18 no Becker abaixo do sistema pode-se perceber o líquido destilado com a coloração rosa/roxa que representa a quantidade de arraste do processo. Por este motivo foi usado também a destilação fracionada (que acabou sendo o método escolhido pelo grupo para dar andamento no projeto). Utilizando da destilação simples, percebeu-se que houve uma grande quantidade de arraste durante a destilação, por conta da facilidade do destilado em alcançar o tubo de resfriamento.

FIGURA 17: Processo de destilação simples



Fonte: Acervo pessoal, 2022

FIGURA 18: Presença de material de arraste no Becker

Fonte: Acervo pessoal, 2022

5.3.2.2 Destilação Fracionada

Partindo já para a destilação fracionada, que foi o método escolhido, com base em estudos e de acordo com orientação dos professores, podemos perceber que ele acaba sendo o método mais eficiente pois consegue separar duas fases de matéria de temperaturas muito próximas (no caso do álcool, evaporando a 80° celsius e a água evaporando a cerca de 100° celsius), que acaba sendo o mais eficiente para esta metodologia. Além disto foi utilizado a chapa de aquecimento, que mantém uma temperatura constante e agitação constante.

O processo de preparação do mosto acaba sendo o mesmo do descrito anteriormente na destilação simples – de correção de Ph e de brix -, o que vai mudar para este processo é a forma de extração do líquido da beterraba – que acabou sendo feito com um pano (voil). Com isso obtivemos cerca de 1 litro de mosto, que foi fermentado com cerca de 50 gramas de pé de cuba – preparado com 5 gramas de fermento de pão e 25 ml de água e 10 gramas de açúcar.

FIGURA 19 – Fermentação do mosto de beterraba



Fonte: Acervo pessoal, 2022

FIGURA 20 – Destilação do mosto, utilizando uma chapa de aquecimento



Fonte: Acervo pessoal, 2022

6 RESULTADOS ESPERADOS

6.1 RESULTADO DA AMOSTRAGEM DE HIDROLISE DA CASCA DE BETERRABA

Para começarmos a análise do analito da casca da beterraba tem de se deixar claro que não foi possível fazer os testes de cloreto, pois não foi encontrado nenhuma solução de nitrato de prata, nem no ambiente escolar nem a venda avulso em drogarias e em farmácias de manipulados.

FIGURA 21 – Resultado do processo de hidrolise da casca de beterraba



Fonte: Acervo pessoal, 2022

Olhando também para a questão de custo-benefício, torna-se inviável, por conta da quantidade excessiva de reagentes utilizados para apenas 2,000g de amostra de casca de beterraba, sendo que o objetivo inicial era fazer com pelo menos 1Kg de beterraba para render o melhor possível. E fazendo as contas acaba sendo um custo muito alto de produto para pouca ostra dada no final do processo.

Por isso, ainda o mais ideal é o uso do tubérculo como um todo, utilizado a polpa junto com o caldo preparado na efervescência da polpa e a polpa em si.

Partindo para a análise do teor alcoólico do destilado, segue a seguir os dados obtidos:

-Com cerca de 4 horas de destilação, obtemos cerca de 250mL de água ardente, mais ainda com bastante arraste presente, que é o que dá a coloração rosada para o destilado.

-Os cálculos serão feitos a partir do cálculo da densidade do destilado – usando um picnômetro de 25mL para tal obtenção de dado -, assim podendo comparar com a tabela fornecida pelo MAPA (Ministerial da Agricultura, Pecuária e Abastecimento)

-Em uma balança semi-analógica, foi pesado a massa inicial do picnômetro (p) – isto sem ter contato direto com o picnômetro, pois a gordura da mão pode alterar os dados reais do processo -, logo em seguida foi colocado os 25mL do destilado, tampado e pesado e anotado a massa (m).

-Dados: $p = 15,833\text{g}$; $m = 39,960\text{g}$

$$m_1 = m - p \rightarrow m_1 = 39,960\text{g} - 15,833\text{g} \rightarrow m_1 = 24,127\text{g}$$

Obtido a massa do destilado, foi usado a fórmula de densidade para descobrir a densidade do líquido

$$d(\text{m/ml}) = m(\text{g}) / V(\text{ml}) \rightarrow d = 24,127\text{g} / 25\text{mL} \rightarrow d = 0,96508\text{g/ml}$$

Agora que temos a densidade, podemos comparar com a tabela fornecida pelo ministério da agricultura:

Tabela 6: Tabela de teor alcoólico fornecido pelo ministério da agricultura, pecuária e abastecimento.

0,96517	29,0
0,96505	29,1

Fonte: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/credenciamento-e-laboratorios-credenciados/legislacao-metodos-credenciados/arquivos-metodos-da-area-bev-iqa/destilados-03-grau-alcoolico-real.pdf>

Analisando a tabela, podemos perceber que o teor alcoólico do destilado, pelo destilador simples, acaba sendo entre 29,0° a 29,1°, ficando próximo de um Campari ou da cachaça 29.

6.1 RESULTADOS ESPERADOS UTILIZANDO A DESTILAÇÃO FRACIONADA

Iniciando a análise da destilação fracionada, tem-se deixar claro que este foi o método escolhido, se baseando no método apresentado pela literatura a ser usado para este tipo de destilação, onde temos dois líquidos com o ponto de vaporização muito próximos (álcool a 80° e água a 100° celsius a temperatura e pressão ambiente) e também não acaba gerando tanto arraste como no processo anterior – que foi feito única e exclusivamente para estudo, para saber como se comportaria a destilação simples, e foi visto que acaba sendo o método menos eficaz.

Visando a questão de custo-benefício, este método se torna também o mais eficaz por se utilizar da beterraba como um todo, onde após a fervura do tubérculo, a moagem do mesmo e a separação do caldo acaba gerando assim um mosto de aproximadamente 1,5L.

Partindo então para a análise do teor alcoólico do destilado, o processo será o mesmo utilizado anteriormente na destilação simples. Foi medido primeiramente a massa do picnômetro 25mL (p) e logo em seguida medido a massa do líquido destilado (m) juntamente com o picnômetro.

$$p = 15,938g ; m = 39,419g$$

$$m_1 = m - p \rightarrow m_1 = 39,419g - 15,938g \rightarrow m_1 = 23,491g$$

-Utilizando a fórmula da densidade, partimos agora para descobrir a densidade real do destilado

$$d = m_1 (g) / V (ml) \rightarrow d = 23,491g / 25mL \rightarrow d = 0,93964 g/ml$$

Tabela 7: Tabela de teor alcoólico, fornecido pelo ministério da agricultura.

0,93979	45,8
0,93961	45,9
0,93943	46,0

Fonte: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/credenciamento-e-laboratorios-credenciados/legislacao-metodos-credenciados/arquivos-metodos-da-area-bev-iqa/destilados-03-grau-alcoolico-real.pdf>

-Analisando a tabela fornecida pelo ministério da agricultura, podem-se conferir que o teor alcoólico do destilado, está em 45°, ficando assim com um grau alcoólico muito parecido com os destilados apresentados no mercado brasileiro.

Após a análise dos teores alcoólicos, se utilizando de duas formas de destilação, podemos perceber que, a destilação fracionada ainda será o melhor a ser empregado neste método de obtenção de álcool, pois acaba gerando uma quantidade de arraste bem menor e conseqüentemente acaba não arrastando tanta água para o destilado.

7 CONCLUSÃO

O grupo chegou à conclusão que embora a utilização de cascas de beterraba e batata seja um processo que iria ajudar na produção de álcool e diminuição do lixo orgânico, na questão custo-benefício não seria viável devido as grandes quantidades necessárias de cascas para a produção do combustível, vale ressaltar o grande gasto de reagentes para hidrolisar poucos gramas de cascas de beterraba e ainda levar em conta de não ser possível realizar o teste de cloreto devido à falta de materiais em laboratório.

Então o processo mais adequado foi a utilização do caldo de beterraba obtido pela filtragem da polpa de beterraba, para ser utilizado no processo de fermentação e obtenção de álcool, vale ainda ressaltar a utilização da destilação fracionada, devido a mesma ter um rendimento de álcool maior e ter menos material de arraste comparada a destilação simples usada no primeiro processo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA SENADO. **LEI rege porcentagem do álcool na gasolina** - Fonte: Agência Senado. Senado Notícias, 22 set. 2008. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/gasolina-aditivada/lei-rege-porcentagem-do-alcool-na-gasolina>. Acesso em: 2 maio 2022.

APLA . **SENADO aprova projeto que coloca teto para ICMS sobre combustíveis e energia**. APLA, 8 ago. 2013. Disponível em: <http://www.apla.org.br/ja-sao-60-os-paises-que-adotam-mistura-obrigatoria-nos-combustiveis>. Acesso em: 25 maio 2022.

BEDUKA .**TUDO SOBRE CARBOIDRATOS**. Beduka, 29 maio 2019. Disponível em: <https://beduka.com/blog/materias/biologia/tudo-sobre-carboidratos/>. Acesso em: 29 abr. 2022.

CONAB. **BOLETIM DA SAFRA DE CANA-DE-AÇÚCAR**. Site Conab, 20 abr. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 19 maio 2022.

DIAS, D. L. Destilação fracionada. **Manual da química**. 7 nov. 2017. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/destilacao-fracionada.htm>. Acesso em: 24 maio 2022.

DOCTOR FUNGUS, **PICHIA**. Wikipédia, a enciclopédia livre, 9 fev. 2007. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Pichia>. Acesso em: 24 maio 2022.

FATSECRET PLATFORM API , **BETERRABA (Sólidos Escorridos, Enlatado)**. In: Beterraba (Sólidos Escorridos, Enlatado). 4 fev. 2021. Disponível em: [https://www.fatsecret.com.br/calorias-nutri%C3%A7%C3%A3o/gen%C3%A9rico/beterraba-\(s%C3%B3lidos-escorridos-enlatado\)](https://www.fatsecret.com.br/calorias-nutri%C3%A7%C3%A3o/gen%C3%A9rico/beterraba-(s%C3%B3lidos-escorridos-enlatado)). Acesso em: 24 maio 2022.

FOGAÇA, J. R. V. **Amido**. Brasil Escola. 27/04/2017. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/amido.htm>. Acesso em: 27 maio 2022.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. (Ed.). **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 209 p. il. color. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/batata>

SANTOS, A. P. **Nova crise do petróleo e Bolsa de Valores: qual a relação?** Disponível em: <https://www.politize.com.br/nova-crise-do-petroleo-e-bolsa-de-valores/> . 2020. Acesso em: 02 nov. 2021.

TODAMATÉRIA . **LEVEDURAS**. TodaMatéria, 20 mar. 2020. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/leveduras/#:~:text=As%20leveduras%20s%C3%A3o>

[%20tipos%20de,de%20p%C3%A3es%20e%20bebidas%20alco%C3%B3licas.](#)
Acesso em: 23 abr. 2022.