

**Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Curso de Engenharia Engenharia de Energia**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO MEL DE DESCARTE  
PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL**

**Autora: Fernanda Rodrigues da Costa  
Orientador(a): Dr<sup>a</sup> Maria Del Pilar Hidalgo Falla  
Coorientadora: Dr<sup>a</sup> Sabrina Neves da Silva**

**Brasília, DF  
2023**



**FERNANDA RODRIGUES DA COSTA**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO MEL DE DESCARTE PARA PRODUÇÃO DE  
BIOETANOL**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Maria Del Pilar Hidalgo Falla

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Sabrina Neves da Silva

**Brasília, DF  
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

RC838e Rodrigues da Costa, Fernanda  
Estudo da utilização do mel de descarte para a produção de bioetanol / Fernanda Rodrigues da Costa; orientador Maria del Pilar Hidalgo Falla; co-orientador Sabrina Neves da Silva. -- Brasília, 2023.  
45 p.

Monografia (Graduação - Engenharia de Energia) --  
Universidade de Brasília, 2023.

1. Mel de descarte. 2. Bioetanol. 3. Energia limpa. 4. Sustentabilidade. I. Hidalgo Falla, Maria del Pilar, orient. II. Neves da Silva, Sabrina, co-orient. III. Título.



## **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO MEL DE DESCARTE PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL**

**Fernanda Rodrigues da Costa**

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 16/02/2023 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

---

**Profª. Drª: Maria Del Pilar Hidalgo Falla, UnB/ FGA**  
Orientadora

---

**Profª. Drª: Sabrina Neves da Silva, UNIPAMPA-Bagé**  
Coorientadora

---

**MSc Engª. Lays Furtado de Medeiros Souza Kataoka, UnB/ FGA**  
Membro Convidado

Brasília, DF  
2023

## RESUMO

A sustentabilidade ambiental impulsiona o desenvolvimento de pesquisas sobre outros recursos energéticos, como os biocombustíveis, que são menos poluentes podendo substituir os combustíveis fósseis. À vista disso, favorecer a produção do bioetanol que ocorre via duas rotas tecnológicas, utilizando matérias primas doces, diretamente fermentáveis, como a cana-de-açúcar, beterraba e batata, ou matérias-primas amiláceas, como o milho e o trigo, cujo amido deve ser convertido em açúcares, antes da fermentação. Com base nesses aspectos, tem-se como alternativa o uso do mel de descarte para a produção de bioetanol. No Brasil, são produzidas cerca de 55,8 mil toneladas de mel de abelhas por ano. Parte dessa produção volta para o apicultor por problemas na embalagem ou contaminação do produto, favorecendo assim o acúmulo de mel de descarte. O descarte de resíduos de mel no meio ambiente pode ser prejudicial às abelhas, pois elas podem comer o produto fermentado e morrer, causando danos também aos apicultores e a flora. Portanto, este projeto teve como objetivo utilizar o mel impróprio para consumo para produzir bioetanol usando a levedura *Saccharomyces Cerevisiae* para fermentar uma mistura de mel a 18° Brix. A fermentação ocorreu com o monitoramento da temperatura utilizando-se a estufa e um termômetro. Para medição da diminuição do grau brix na amostra, foi utilizado refratômetro em um período de vinte e cinco dias até a amostra atingir o zero grau brix o que indicava o fim da fermentação. Decorrido o período de fermentação realizou-se em seguida a destilação. O destilado foi coletado e analisado por espectroscopia de infravermelho, com transformada de Fourier (FTIR) verificando-se a presença de bioetanol no destilado. As análises das propriedades físico-químico conforme as especificações da ANP foram realizados sendo: a massa específica média 0,8490 g/cm<sup>3</sup>; pH de 6,0; condutividade elétrica 480 µS/m; e teor alcoólico de 73%.

**Palavras-chave:** Mel de descarte. Bioetanol. Energia limpa. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Environmental sustainability drives the development of research on other energy resources, such as biofuels, which are less polluting and can replace fossil fuels. In view of this, favoring the production of bioethanol that occurs via two technological routes, using sweet raw materials, directly fermentable, such as sugar cane, beet and potato, or starchy raw materials, such as corn and wheat, whose Starch must be converted to sugars before fermentation. Based on these aspects, an alternative is the use of discarded honey for the production of bioethanol. In Brazil, around 55.8 thousand tons of honey are produced per year. Part of this production returns to the beekeeper due to packaging problems or contamination of the product, thus favoring the accumulation of discarded honey. The disposal of honey waste in the environment can be harmful to bees, as they can eat the fermented product and die, also causing damage to beekeepers and flora. Therefore, this project aimed to use honey unfit for consumption to produce bioethanol using the yeast *Saccharomyces Cerevisiae* to ferment a honey mixture at 18° Brix. Fermentation occurred with temperature monitoring using the oven and a thermometer. To measure the decrease in the brix degree in the sample, a refractometer was used over a period of twenty-five days until the sample reached zero degree brix, which indicated the end of fermentation. After the fermentation period, distillation was carried out. The distillate was collected and analyzed by infrared spectroscopy, with Fourier transform (FTIR) verifying the presence of bioethanol in the distillate. The analyzes of the physical-chemical properties according to the ANP specifications were carried out as follows: average specific mass 0.8490 g/cm<sup>3</sup>; pH 6.0; electrical conductivity 480 µS/m; and alcohol content of 73%.

**Keywords:** Waste honey. Bioethanol. Clean energy. Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fontes de energia renováveis. ....	13
Figura 2: Geração de uma termoelétrica usando bagaço da cana-de-açúcar.....	14
Figura 3: Demanda mundial por região em biocombustível. ....	16
Figura 4: Produção global de Etanol por países variação de 2017 e 2023. ....	18
Figura 5: Esquematização da fermentação alcoólica. ....	19
Figura 6: Destilação fracionada.....	21
Figura 7: Mel da abelha <i>Apis mellifera</i> .....	24
Figura 8: Medição do grau Brix da amostra.....	25
Figura 9: Amostra com levedura. ....	25
Figura 10: Equipamentos e estrutura utilizados na destilação. ....	26
Figura 11: Equipamento para a análise FTIR da <i>Thermo Scientific</i> . ....	27
Figura 12: Medição do grau Brix da amostra fermentada.....	29
Figura 13: Resultado da destilação. ....	29
Figura 14: (a) fermentada, (b) final da fermentação e (c) após a destilação. ....	30
Figura 15: Espectro FTIR do mel fermentado. ....	32
Figura 16: Espectro FTIR da amostra do mel destilada. ....	32
Figura 17: gráfico sobre posto da Figura 15 e 16.....	33
Figura 18: Teste de combustão do bioetanol produzido.....	33
Figura 19: Quantidade de Grau Brix no bioetanol coletado.....	34
Figura 20: Grau brix do destilado x densidade da norma da ANP.....	35
Figura 21: Grau brix do destilado x densidade do etanol destilado. ....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características do bioetanol.....	17
Tabela 2: Resultado da densidade da amostra.....	30
Tabela 3: Resultados obtidos da amostra destilada.....	31

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURA

A, u.a	Absorbância
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível
ATP	Adenosina trifosfato é a principal molécula carreadora da energia química utilizada nas mais diversas reações que ocorrem nas células
ATR	Refletância Atenuada
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	Etanol
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
FGA	Faculdade UnB Gama
FTIR	Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier
PNPB	Programa Nacional de Produção e Utilização de Biodiesel
Proálcool	Programa nacional do álcool
T, %	Transmitância
$\lambda$ , $\mu\text{m}$	Comprimento de onda
$\mu\text{S/m}$	Microsiemens por metro
$\bar{\nu}$ , $\text{cm}^{-1}$	Números de ondas

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	9
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral .....	12
2.2 Objetivo específico .....	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
3.1 Energia Renovável.....	13
3.1.1 Biomassa .....	14
3.1.3 Biocombustíveis .....	15
3.1.4 Bioetanol .....	17
3.1.5 Produção do Bioetanol.....	17
3.1.5.1 Produção mundial e nacional de etanol .....	18
3.1.6 Fermentação .....	19
3.1.7 Destilação.....	20
3.1.8 Rendimento.....	21
3.1.9 Mel .....	21
3.1.9.10 Definição e classificação .....	22
3.2 Técnica de caracterização .....	22
3.2.1 Espectrometria no Infravermelho (FTIR) .....	22
4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	24
4.1 Equipamentos e Matérias.....	24
4.1.2 Procedimento Experimental .....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
6 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da economia global e os vários impactos ambientais provocados pelo uso excessivo de combustíveis fósseis, vem promovendo a busca de fontes de energia, sustentáveis e ecologicamente correta (SINGH e MAHAPATRA, 2019; MOHIDDIN et al.,2021). Nos últimos anos, a busca global por energia renovável tem crescido significativamente, com vários países enfatizando e incentivando o uso de combustíveis alternativos com o objetivo de reduzir a dependência energética de combustíveis fósseis e, como resultado, minimizar os danos ambientais causados pelo seu uso. Nesse sentido, os biocombustíveis se destacam como uma das opções mais viáveis para garantir uma redução das emissões de gases poluentes (CAO et al.,2019).

Em decorrência disso temas relacionados a redução dos impactos ambientais da queima dos combustíveis fósseis, os biocombustíveis oferecem duas vantagens significativas: a sua utilização reduz as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera, contribuindo diretamente para a redução do efeito estufa, libertando 50% menos material particulado e 98% menos enxofre, além de ser biodegradável (NUNES et al.,2013).

A demanda por biocombustíveis aumentou significativamente em resposta à percepção do risco de desastres climáticos causados pelo aquecimento global. Este aumento é principalmente manifestado pela introdução e expansão de metas de uso combustíveis de origem orgânica em vários países (ROSA, 2009).

Como parte da produção de biocombustível a partir da cana-de-açúcar. O Brasil é líder mundial na produção de biocombustíveis, com 622,3 milhões de toneladas produzidas na safra 2018/2019, com média de produção de 74,27 t/ha, enquanto a previsão para a safra 2022/2023 é de 598,3 milhões toneladas produzidas. A estimativa para esse total é de uma safra mais açucareira, com volume de 5,5 milhões de toneladas do adoçante, alta de 31,9% sobre 21/22. Enquanto isso, a produção de etanol deverá ser menor em volume, atingindo 2,4 bilhões de litros, queda de 17,3% em relação ao ciclo anterior, com produção de etanol anidro estimada em 987,9 milhões de litros (-18,8%) e produção de hidratado estimada em ser de 1,4 bilhão de litros (-16,2%). O estudo da entidade mostra ainda que o Brasil deve produzir 36, milhões de toneladas de açúcar nesta safra, alta de 4,1% em relação à safra 2021/2022. No cálculo da quantidade total de etanol, o crescimento dos biocombustíveis deve ser de 2% em relação à safra anterior (CONAB, 2023).

Conforme Robak e Balcerek (2018) matérias-primas, tais como:

- ✓ Sacaríneas: materiais contendo sacarose e açúcares capazes de ser diretamente consumidos, presentes na cana-de-açúcar, beterraba, melão e frutas.
- ✓ Amiláceas: produtos ricos em amido, em que o polissacarídeo deve primeiro ser hidrolisado para gerar açúcares fermentescíveis.
- ✓ Lignocelulose: contém o que pode ser chamado de biomassa lignocelulose, provenientes de fontes como a madeira, a palha, o bagaço de cana, os resíduos de fábricas de papel, entre outros.

Dentre elas, a cana-de-açúcar é a mais lucrativa e produtiva. Para obter etanol, o que oferece ao Brasil a vantagem de ser o maior produtor mundial dessa cultura. Em nosso país, a produção média de etanol é de 7.500 litros por hectare, rendendo um total de 27,9 bilhões de litros para a safra 2019/20, incluindo 8,4 bilhões de litros de anidro etanol e 19,5 bilhões de litros de etanol hidratado. O etanol derivado do milho teve produção de 2,7 bilhões de litros no mesmo ano, juntos chegaram em um total de 30,6 bilhões de litros de etanol produzido no Brasil (CONAB, 2020).

Além disso, a produção atual de petróleo está concentrada em regiões politicamente instáveis, tornando o produto vulnerável em termos de volume de produção e, principalmente, de preço. Com isso, para que a matriz energética mundial seja menos dependente de um recurso finito, é necessário o uso de combustíveis renováveis (ALBUQUERQUE, 2022).

O mundo possui uma matriz energética composta majoritariamente por fontes não renováveis como carvão, petróleo e gás natural. Enquanto as fontes de energia renovável como solar, eólica e geotérmica, por exemplo, representam apenas 2,5% do consumo global de energia, com a participação das hidrelétricas e da biomassa, as renováveis respondem por aproximadamente 15% do consumo total de energia. A matriz energética brasileira é muito diferente do resto do mundo. Aproveitamos mais recursos renováveis do que o resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outros renováveis, nossas renováveis totalizam 44,8%, ou quase metade de nossa matriz energética (IEA, 2022).

O desenvolvimento do etanol lignocelulose, obtido a partir de resíduos de biomassa, ocupou o centro das atenções ao lado da pesquisa relacionada à energia. Em comparação a outras fontes de energia, a biomassa lignocelulose tem baixo custo, é renovável, abundante e ambientalmente sustentável. Estes, entre outros fatores, 12

aceleraram o desenvolvimento de extensas pesquisas sobre a produção de etanol a partir de biomassa lignocelulose nas últimas duas décadas (IEA, 2022).

Dentre os tipos de matérias primas para obtenção de etanol ou bioetanol, o mel que é descartado, pode se referir ao mel que não é considerado adequado para consumo ou para uso comercial, devido a problemas com sua qualidade ou condições de produção. Alguns exemplos que caracterizam o mel de descarte são: baixo teor de açúcares, sabor ou odor estranhos, ou que tenha sido exposto a condições que prejudicariam sua integridade. Em alguns casos, este mel descartado pode ser utilizado para fins não alimentícios, como em produtos de beleza ou na fabricação de medicamentos (BRASIL, 2001).

Este descarte do mel no solo pode também apresentar alguns impactos negativos no meio ambiente (SEBRAE, 2013). Alguns desses impactos incluem:

- ✓ Poluição: O mel descartado pode atrair insetos, como moscas e formigas, que podem se tornar uma fonte de poluição na área, além de representar um risco para as pessoas e outros animais.
- ✓ Contaminação microbiana: O mel descartado pode ser uma fonte de bactérias, fungos e outros microrganismos que podem contaminar o solo e prejudicar a saúde do solo e das plantas.

Portanto, realizar o descarte do mel sem a preocupação ambiental, pode pôr em risco às abelhas, pois elas podem consumir o produto contaminado e morrer, prejudicando as atividades do apicultor. Sendo assim, uma relevante alternativa na utilização do mel de descarte para produção de bioetanol é uma alternativa para minimizar este cenário, e ainda gerar um combustível alternativo à gasolina e ao etanol de cana-de-açúcar, utilizado em motores à combustão (SEBRAE, 2013). Deste modo, a presente pesquisa tem por objetivo produzir bioetanol a partir de mel descartado, utilizando a levedura *Saccharomyces Cerevisiae* para realizar a fermentação.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Nessa conjuntura, o objetivo geral desta pesquisa é produzir bioetanol a partir do mel descartado.

### 2.2 Objetivo específico

Com relação aos objetivos específicos, deseja-se avaliar a produção de bioetanol através do mel de descarte e apresentar desempenho favorável para comercialização atendendo as normas da ANP (Agência Nacional do Petróleo). a seguir são apresentados os objetivos específicos: Produzir bioetanol de mel descartado através da fermentação com a levedura *Saccharomyces Cerevisiae*.

- ✓ Destilar o produto fermentado para aumentar a concentração de etanol.
- ✓ Verificar a presença de etanol através de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).

Analisar a qualidade do biotanol produzido através de ensaios laboratoriais, comparando o mesmo com as especificações da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

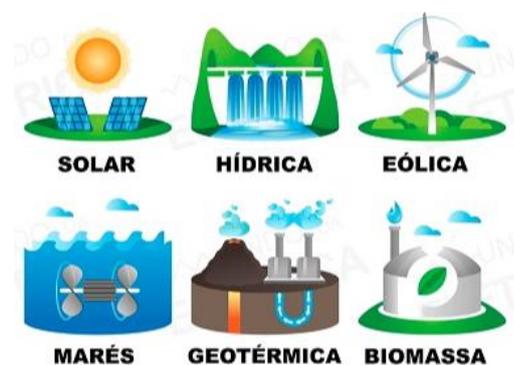
Este capítulo apresenta os principais tópicos necessários ao entendimento e desenvolvimento da pesquisa proposta.

#### 3.1 Energia Renovável

A designação dada às fontes de energia naturais que podem ser renovadas, ou seja, nunca se esgotam devido à constante regeneração é energia renovável. As fontes de energia renováveis poluem pouco ou não chegam a agredir o meio ambiente, pois são consideradas energias limpas, isto é, que são fornecidas pela natureza e sua utilização não contribui para a emissão de gases ou outros materiais tóxicos e prejudiciais ao ambiente (MACEDO, 2008).

Além disso, as fontes de energia renovável permitem descentralizar o sistema energético com uma implementação flexível que atende às necessidades de diferentes setores da sociedade. Os investimentos e tecnologias em energia renovável estão crescendo cada vez mais devido a transição energética. Analisando o ciclo de vida da energia renovável, incluindo produção, instalação, operação e manutenção, percebe-se que as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) das várias opções disponíveis, incluindo energia hidráulica, energia solar, energia de biomassa, energia eólica, energia geotérmica e energia maremotriz são mínimas em comparação com as fontes tradicionais (PORTAL ENERGIA, 2023). Na Figura 1, é possível observar os tipos de fontes renováveis que cada tipo de geração de energia utiliza como matéria prima.

**Figura 1:** Fontes de energia renováveis.



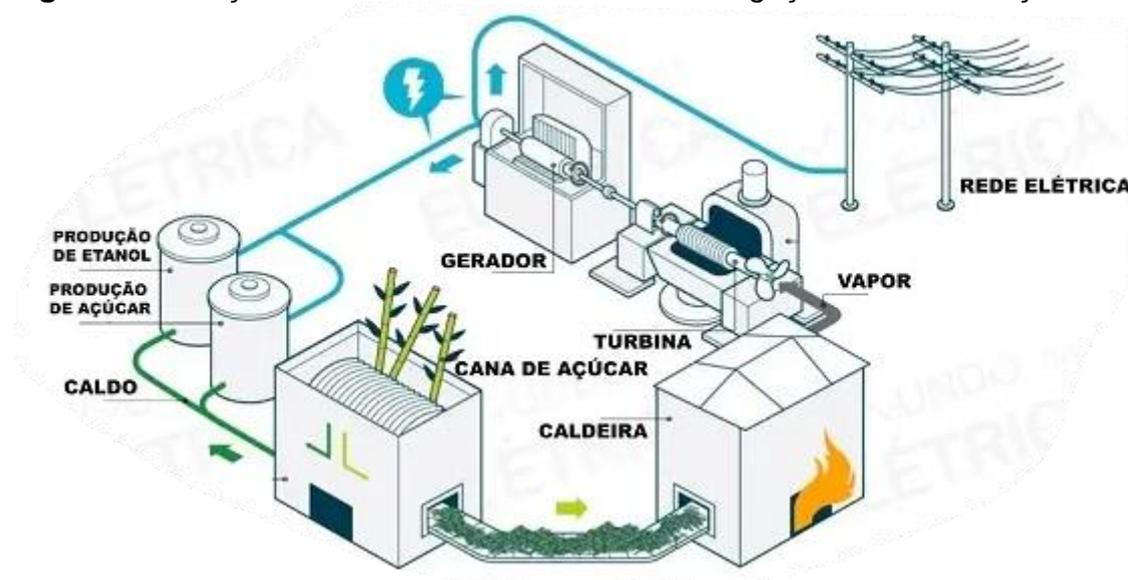
Fonte: Mattede, 2023.

### 3.1.1 Biomassa

A biomassa é toda a matéria viva, animal ou vegetal, que é utilizada para a produção de energia. Pode ser obtido utilizando diversos recursos renováveis, por exemplo, plantas, madeira, resíduos agrícolas, esgoto outros resíduos. Sendo uma fonte de energia renovável, a biomassa é uma alternativa eficiente na substituição de combustíveis fósseis e poluentes como petróleo e carvão (MACEDO, 2008).

A regeneração da biomassa ocorre através do ciclo do carbono. Queima de biomassa ou seus derivados, liberam  $\text{CO}_2$  na atmosfera. Assim, as plantas, por meio da fotossíntese, converter esse  $\text{CO}_2$  em carboidratos, resultando na liberação de oxigênio (HAMELINK et al, 2005). Na Figura 2, é possível observar o funcionamento da geração termoelétrica a partir de biomassa.

**Figura 2:** Geração de uma termoelétrica usando bagaço da cana-de-açúcar.



**Fonte:** Mattede, 2023.

O desenvolvimento da civilização está relacionado ao uso da energia. Desde o início, quando o homem descobriu o fogo e passou a utilizar seu poder para cozinhar alimentos e outros fins, esse poder foi obtido por meio de atividades extrativistas, utilizando assim recursos naturais. Do ponto de vista energético a biomassa é toda matéria orgânica, seja de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia (ANEEL, 2012).

A biomassa energética agrícola é definida como produtos de campos não florestais, geralmente de colheitas anuais, cujas plantas são selecionadas de acordo

com as propriedades de amido, celulose, carboidratos e lipídios contidos nesta matéria, dependendo da rota técnica (SILVA et al., 2021).

As culturas agroenergéticas utilizam principalmente métodos tecnológicos de transformação biológica e físico-química, como fermentação, hidrólise e esterificação, utilizado para a produção de combustíveis líquidos, como etanol, biodiesel e diversos óleos vegetais. Essas culturas incluem cana-de-açúcar, milho, trigo, soja, amendoim, girassol, óleo de mamona e óleo de palma, e uma variedade de oleaginosas a serem testadas (IBP, 2023).

### **3.1.3 Biocombustíveis**

Devido à alta demanda mundial por biocombustíveis e sua importância para o desenvolvimento do país. Os Biocombustíveis podem ser classificados em: O de primeira geração é feito a partir do uso direto de biomassa de culturas alimentares. Segundo Lee e Lavoie (2013) eles possuem certas restrições como o alto consumo de energia e utilização de terras aráveis, assim como o debate de que essa biomassa poderia servir como alimento, no entanto, eles são uma opção viável e sustentável para o futuro. Os de segunda geração, foram desenvolvidos com o objetivo de sanar o debate de utilização de alimentos para produção de energia. Utiliza-se de materiais lignocelulósicos como matéria prima para sua produção, que é uma biomassa constituída principalmente de lignina, hemiceluloses e celulose e por não ser um material comestível existe atualmente uma alta demanda para o desenvolvimento de biocombustíveis de segunda geração. Os biocombustíveis de terceira geração são produzidos usando biomassa de algas e microalgas (BETA, 2023).

Neste contexto os biocombustíveis são aqueles produzidos a partir de restos de plantas vivas que não fez o processo de fossilização, e que pode ser usado na combustão interna de motores ou geração de energia, a serem alterados lentamente e até mesmo completamente o uso de óleos naturais (NYKO, 2010).

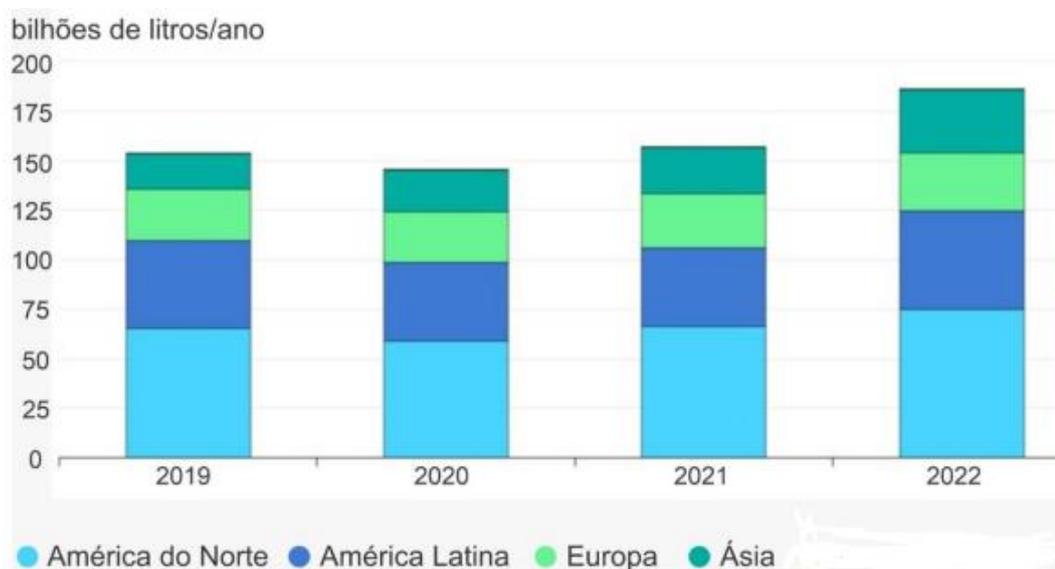
Na cadeia dos biocombustíveis, devem ser considerados fatores relacionados à seleção de insumos ou matérias primas para produção agrícola, armazenamento, caracterização e controle de qualidade, co-produção, comercialização e distribuição (PASSOS, 2009).

De acordo com Ingale, Joshi e Gupte (2014) o crescimento do desenvolvimento sustentável de biocombustíveis enfrenta algumas barreiras:

- ✓ O aumento da produção irá necessitar de cada vez mais áreas maiores de terras;
- ✓ Aumento do consumo de água para o cultivo da matéria prima;
- ✓ Avanços nos equipamentos e tecnologias para uma produção mais “limpa” e viável economicamente;
- ✓ A maioria dos métodos de produção envolvem a aplicação de processos químicos prejudiciais ao meio ambiente e, portanto, o desenvolvimento de processos verdes e com alto rendimento se tornou um desafio.

No entanto, apesar desses desafios à sua viabilidade a longo prazo como combustível, a previsão de demanda global da é encorajadora. De acordo com a Figura 3, apesar de uma queda na demanda em devido à pandemia e as consequentes restrições de transporte em 2020. A expectativa é que a demanda por biocombustíveis aumente cerca de 28% até 2026, atingindo um total de 186 bilhões de litros por ano.

**Figura 3:** Demanda mundial por região em biocombustível.



**Fonte:** Adaptado de IEA, Global biofuel demand by region, 2019-2026, IEA, Paris.2019.

A Figura 3 mostra ainda que as regiões da América do Norte e da América Latina são as que mais demandam, respondendo por mais de 70% da demanda global, com destaque para os Estados Unidos e o Brasil pela produção de bioetanol a partir do milho e da cana-de-açúcar, respectivamente.

### 3.1.4 Bioetanol

O bioetanol é uma substância formada por dois átomos de carbono, cinco átomos de hidrogênio e um grupo hidroxila (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH). A presença de hidroxila o torna polar, o que permite que se misture facilmente com água ou outros compostos polares. O bioetanol é encontrado na forma líquida em temperatura ambiente (25°C), pois só atinge seu ponto de evaporação em temperaturas acima de 78°C. O bioetanol tem baixa temperatura de solidificação, em torno de -114°C. (INMETRO, 2012).

Para se obter o bioetanol se faz necessário a fermentação de uma biomassa contendo açúcares, que pode ser da cana-de-açúcar e outras culturas alimentares. Em geral, a produção de bioetanol visa ser o mais ecológica possível, aumentando o rendimento de bioetanol puro como combustível, com a menor quantidade de terra necessária para a agricultura alimentar.

Assim, na década de 1970, o programa nacional do álcool (Proálcool) nasceu no Brasil após vários estudos visando reduzir as importações de petróleo. O objetivo desse programa era substituir os derivados de petróleo pelo etanol de cana-de-açúcar. Em 2004, foi implantado o Programa Nacional de Produção e Utilização de Biodiesel (PNPB) para a inclusão do biodiesel na matriz energética brasileira (FAPESP, 2016).

Em relação ao etanol combustível, também chamado de etanol carburante, as normas de especificação são atualmente, estipuladas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) através do Regulamento Técnico ANP nº3/2011, anexo da Resolução ANP Nº7 de 9 de fevereiro de 2011.

A seguir na Tabela 1 será apresentado as características necessárias que o bioetanol deva apresentar

**Tabela 1:** Características do bioetanol.

<b>Massa específicas</b>	<b>Cor</b>	<b>Teor alcoólico</b>	<b>Condutividade elétrica</b>
789 kg/m <sup>3</sup>	Incolor	94,5%	350 µS/m.

**Fonte:** Agência Nacional de Petróleo, 2022.

### 3.1.5 Produção do Bioetanol

Para poder ser comercializado em suas mais diversas formas, o etanol passa por uma série de testes que verificam sua qualidade, permitindo que ele seja utilizado de forma saudável e seguro. Esses pré-requisitos que o etanol precisa ter para ser

comercializado são chamados de especificações, que variam conforme a utilização de cada álcool. Cada produto possui um tipo próprio de especificação, regulada por alguma entidade da área de cada mercadoria.

Os materiais lignocelulósicos podem ser divididos em polímeros de carboidratos (celulose e hemicelulose) e lignina, retirado da parede celular da planta. Para fazer uma mudança de material lignocelulósico em outros produtos, existem três categorias: pré-tratamento, hidrólise e fermentação (LEE, 1997; SILVA, 2010).

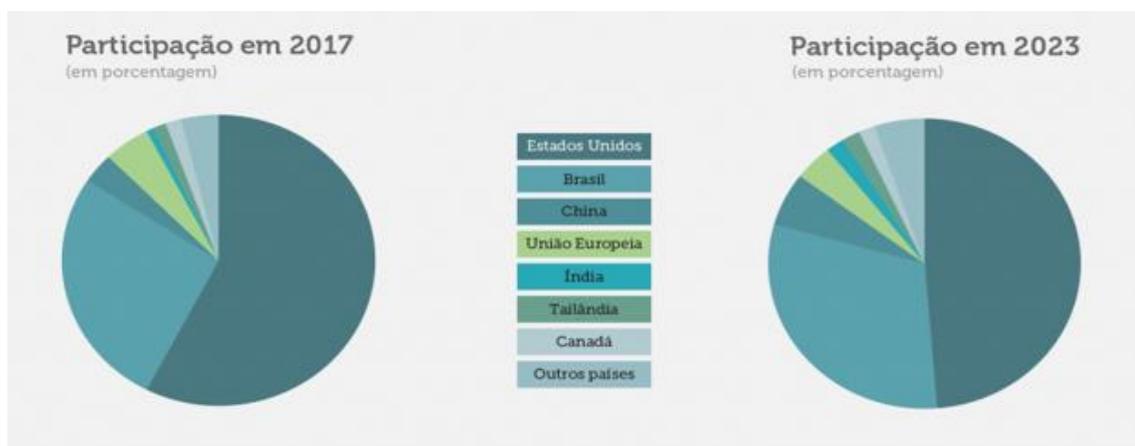
De forma sucinta, o processo consiste em degradar o material lignocelulósico de plantas física ou quimicamente, obtendo-se assim celulose, hemicelulose e sacarose. O processo visa aproveitar o açúcar contido na sacarose, que é protegido por uma camada de fibra (SILVA, 2010).

Na etapa subsequente, a solução é fermentada, onde o açúcar é convertido em etanol, que é purificado pelo processo de destilação e enviado ao mercado.

### 3.1.5.1 Produção mundial e nacional de etanol

Os Estados Unidos se firmaram como líderes globais na produção, exportação e consumo de etanol. Em 2019, Os Estados Unidos produziu 59,7 bilhões de litros, respondendo por 54% da produção global. O Brasil, que ocupa o segundo lugar entre os maiores produtores de etanol do mundo, teve um crescimento significativo nos últimos anos; em 2019, o país produziu aproximadamente 32,5 bilhões de litros de etanol, respondendo por 30% da produção mundial, (IEA, 2020) conforme mostra a Figura 4.

**Figura 4:** Produção global de Etanol por países variação de 2017 e 2023.

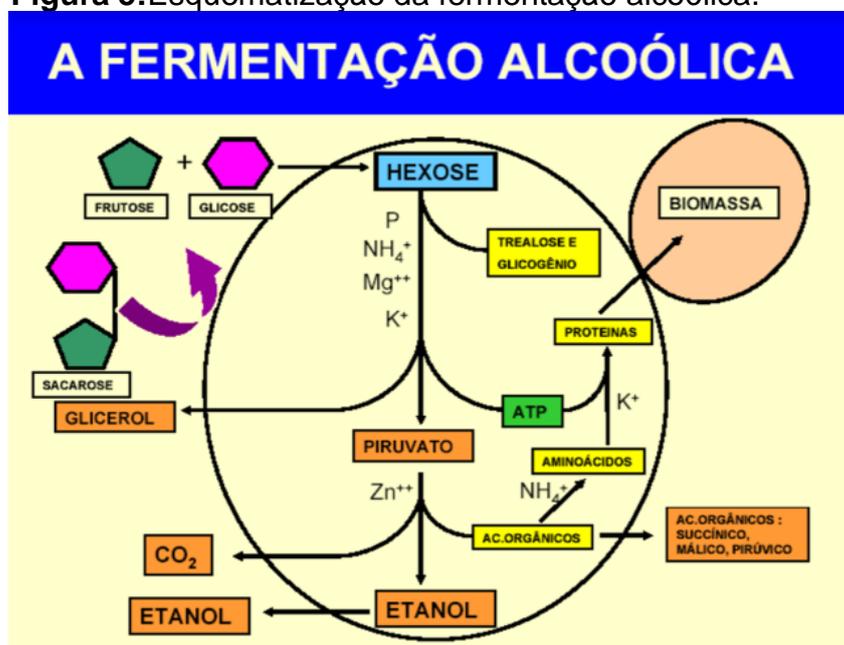


Fonte: BOSSLE, 2023.

### 3.1.6 Fermentação

A fermentação alcoólica é um processo anaeróbico onde os açúcares são convertidos em energia na forma de ATP, resultando em etanol e CO<sub>2</sub>. A conversão desses açúcares é realizada pela glicólise de microrganismos e pode ocorrer em quase todos os organismos vivos. A substância produzida é determinada pelo microrganismo disponível, as leveduras são as principais responsáveis pela fermentação alcoólica de cervejas, vinhos e champanhes, e pela fermentação do pão. (FLORES, 2020). Apresentado de forma simplificada a ocorrência da fermentação na Figura 5.

Figura 5: Esquematização da fermentação alcoólica.



Fonte: Rodrigues, 2018.

O processo de fermentação envolve a conversão de açúcares em etanol, analisando a Figura 5 tem-se: Sacarose obtemos a frutose mais a glicose que são dois monossacarídeos que se converte em hexose. Na hexose se tem adição de nutrientes e leveduras, especificamente *Saccharomyces cerevisiae*, que é muito eficiente na conversão de glicose em etanol e é tolerante ao álcool a inibidores de pré-tratamento e inibidores de fermentação. *Saccharomyces cerevisiae* converte a hexose em piruvato nessa etapa a será convertido em geração de ácido orgânicos e principalmente liberando o etanol. Toda liberação de etanol tem-se a presença de

CO<sub>2</sub>. Pois, primeiro, a sacarose é hidrolisada pela levedura e depois fermentada em etanol.

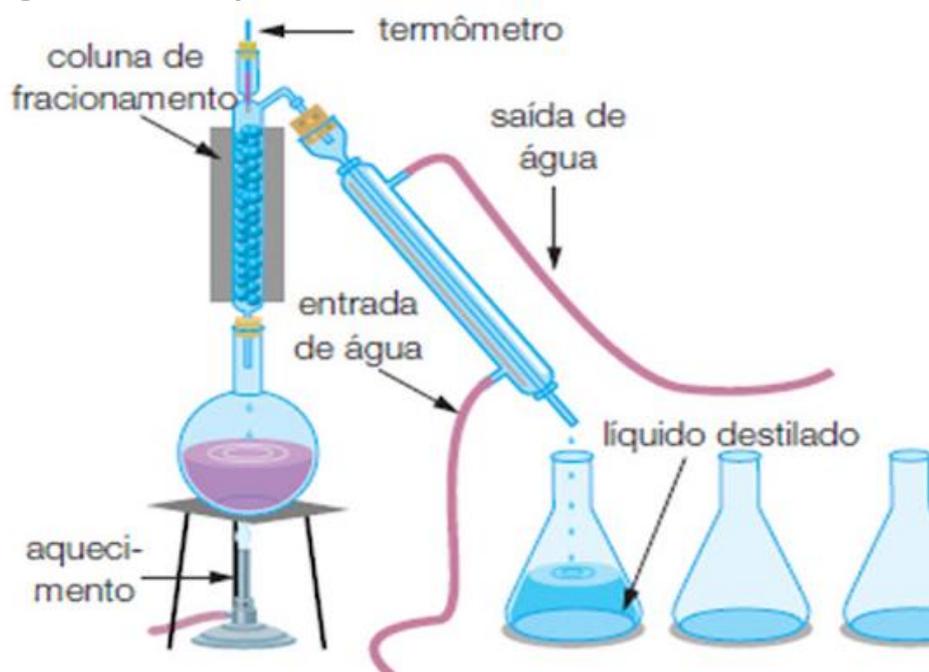
### **3.1.7 Destilação**

Após a etapa de fermentação, ou seja, após a obtenção do etanol e das impurezas, vem a última etapa de produção, a destilação. Segundo Venturini (2001), nesse processo, o líquido é colocado em colunas de destilação, onde é aquecido até evaporar. O vapor então se condensa, retornando ao seu estado líquido original, formando etanol.

O princípio da destilação baseia-se na diferença entre os pontos de evaporação da água (100 °C) e do álcool (78,4 °C). Uma mistura de água e álcool tem um ponto de evaporação variável dependendo do grau alcoólico. Como resultado, o ponto de ebulição de uma solução hidroalcoólica é intermediário entre os da água e do álcool, e será mais próximo deste último à medida que aumenta o teor alcoólico da solução (LORENZI & ANDRADE, 2019).

Como o etanol é misturado com água em todo o processo fermentativo, a sua separação é necessária. Deste modo coloca-se a mistura em colunas de destilação e aquecido em temperatura controlada para evaporar o etanol. Em seguida, tem-se a condensação do vapor e nesse processo que o etanol é separado. Como resultado, tem-se o álcool hidratado, que é utilizado como combustível e contém aproximadamente 96% de álcool (NOVA CANA, 2016). A Figura 6 mostra a estrutura para realizar a destilação fracionada.

**Figura 6:** Destilação fracionada.



**Fonte:** Oliveira, 2023.

### 3.1.8 Rendimento

O rendimento é um dos indicadores mais importantes que determinam o desempenho e o custo dos produtos. É um indicador que pode não ser muito importante no ambiente contábil, porém, engenheiros, principalmente aqueles que trabalham diretamente na linha produtiva deve conhecer e analisar com cuidado, pois apresenta dados que mostram a eficácia e eficiência daquele processo ou projeto. De forma mais simples, o rendimento pode ser definido como um indicador resultante da relação entre entradas e saídas, ou seja, o quanto de matéria-prima é convertida em um produto (PETERS; TIMMERHAUS, 1991).

### 3.1.9 Mel

O mel é um produto natural viscoso, líquido, aromático e doce, com sabor e cheiro característicos de sua origem e cor variável, incolor a marrom escuro, feito por abelhas de néctar (mel de flores) e exsudatos de sacarina de partes vivas plantas ou excreções de insetos sugadores de seiva disponíveis das plantas produzindo o mel de melato, onde é coletado, processado novamente combinado com substâncias específicas, que após essa combinação devem ser levada para colmeia, para amadurecer com seus favos para futura alimentação, e nada mais deve ser adicionado para não ocorra mudança na estrutura original (BOFFO et al., 2012; COGLIATI, 2013).

Para produzir o mel, em uma reação física, ele é desidratado até que a umidade fique abaixo de 18%, de absorção de água da planta apícola e subsequente evaporação ocorrida pelo bater das asas dos insetos nas colmeias. A modificação dos carboidratos do mel é realizada pela ação das enzimas invertase, amilase e glicose oxidase com posterior deposição destas no interior dos alvéolos dos favos, quando coberto com uma fina camada de cera no processo chamado de operculação e, nesta fase, o mel é considerado maduro (FREITAS, 2011).

#### **3.1.9.10 Definição e classificação**

O mel, principal produto das abelhas, provém da simbiose abelha-planta que fornece néctar à abelha (LIRIO, 2010). De acordo com a Instrução Normativa nº. 11, de 20 em outubro de 2000 o mel é:

[...] o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia [...].

O mel pode ser classificado de acordo com a origem das flores ou melato. O mel melato é encontrado nas secreções de partes vivas das plantas ou nas excreções de insetos sugadores de plantas encontrados nelas. (AZEVEDO et al., 2017).

De acordo com Regulamento Técnico do Mercosul RES. Nº 56/99, o mel floral é obtido do néctar das flores e é classificado em monofloral e multifloral. O produto monofloral origina-se de flores de uma mesma família, gênero ou espécie e possui características sensoriais, físico-químicas e microscópicas próprias. O mel multifloral é oriundo de diferentes origens florais com características sensoriais indefinidas.

### **3.2 Técnica de Caracterização**

#### **3.2.1 Espectrometria no Infravermelho (FTIR)**

A técnica FTIR é uma ferramenta versátil aplicada a determinar avaliações qualitativas e quantitativas de espécies moleculares de diferentes tipos.

A absorção da radiação eletromagnética na região do infravermelho por parte de uma molécula, provoca uma alteração no seu momento dipolar. Um espectro de

FTIR é obtido quando se incide radiação em uma amostra, determinando a quantidade de radiação que é absorvida por ela. A intensidade das bandas no espectro de absorção corresponde à frequência de vibração na molécula. (PAVIA et al., 2015).

O espectro FTIR médio na região de 4000 e 400  $\text{cm}^{-1}$  é bastante utilizado para investigações estruturais de compostos moleculares, particularmente compostos orgânicos e espécies de interesse em bioquímica.

Nos espectros FTIR, as intensidades das bandas tanto podem ser apresentadas em termos de absorbância (A, u.a.), quanto de transmitância (T, %). As posições das bandas podem ser encontradas em termos de comprimento de onda ( $\lambda$ ,  $\mu\text{m}$ ), ou mais comum serem expressas em números de ondas ( $\bar{\nu}$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ), que é proporcional à energia de vibração da molécula (HOLLER, 2009).

## 4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Nanotecnologia do Curso de Engenharia de Energia da Universidade de Brasília (UnB), do campus Gama - FGA.

### 4.1 Equipamentos e Matérias

- Balança digital ADventure Ohaus AR2140
- Refratômetro (Generic)
- pHmetro Hanna
- Perola de vidro
- 1 balão 1000 mL
- Sistema para destilação: Manta elétrica, balão volumétrico de 500 mL, Condensador, Termômetro
- Espectrofotômetro de infravermelho Nicolet™ IS™ 10 FT-IR Spectrometer Thermo Scientific, e acessório para amostras líquidas ATR (Refletância Atenuada).
- Mel multifloral de abelha *Apis mellifera*
- Fermento biológico seco 10g *Fleischmann* (Levedura *Saccharomyces Cerevisiae*).

#### 4.1.2 Procedimento Experimental

O mel multifloral de abelha *Apis mellifera* foi fornecido por um apicultor da cidade de Luziânia, no estado de Goiás, mostrado na Figura 7.

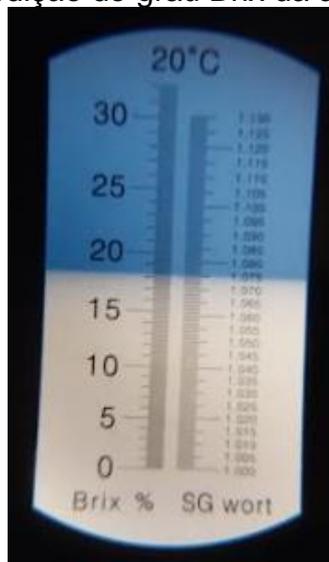
**Figura 7:** Mel da abelha *Apis mellifera*



**Fonte:** Autora, 2023.

Diluiu-se uma quantidade de 130 mL de mel em 1000 mL de água destilada e com o auxílio de um refratômetro, mediu-se a concentração de açúcar na amostra, obtendo-se o valor de 18° Brix, conforme mostra a Figura 8.

**Figura 8:** Medição do grau Brix da amostra



**Fonte:** Autora, 2023.

Na fermentação, utilizou-se 10 gramas de levedura *Saccharomyces Cerevisiae* para 1000 mililitros (mL) da solução de mel à 18° Brix, conforme mostra a Figura 9. A fermentação ocorreu em temperatura aproximadamente 30 °C.

**Figura 9:** Amostra com levedura.



**Fonte:** Autora, 2023.

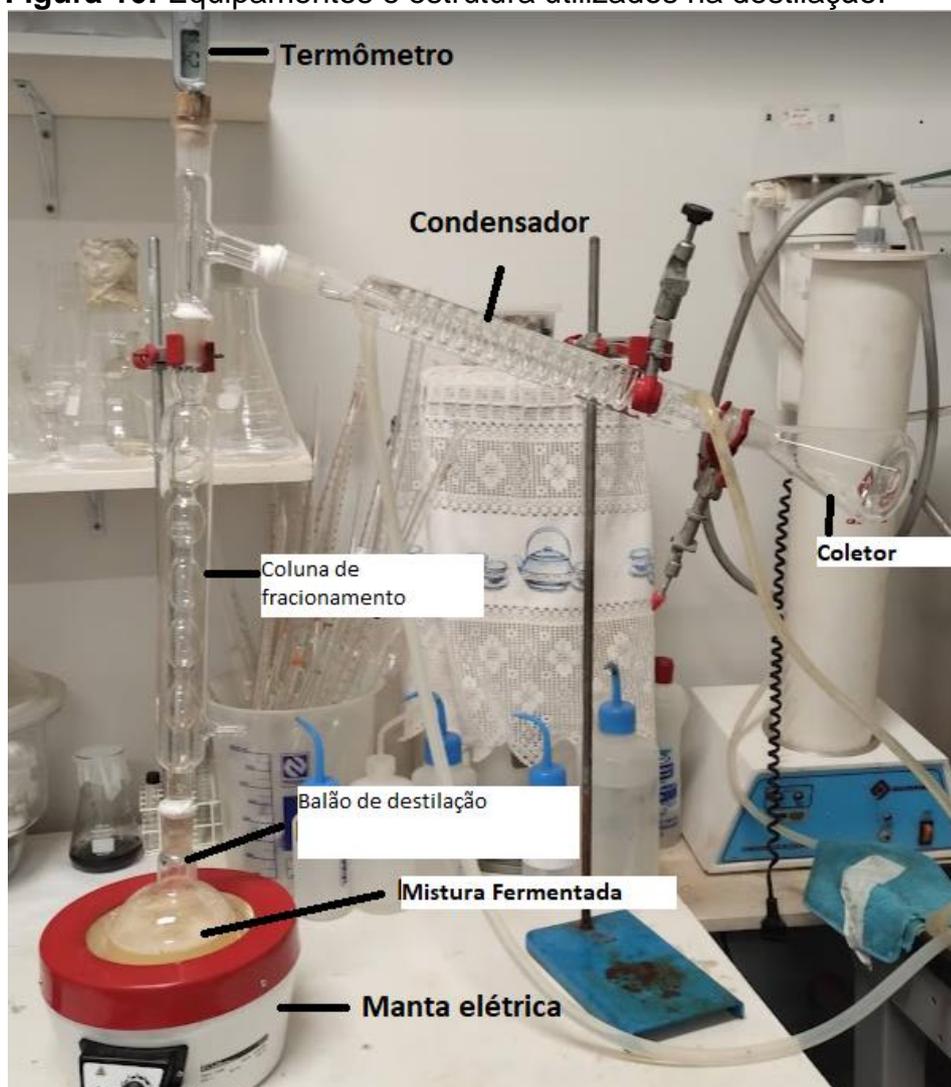
A amostra com levedura foi mantida dentro da estufa para manter o controle da temperatura e luminosidade, contribuindo com a fermentação que foi realizada de

forma anaeróbica, onde o recipiente da amostra foi fechado. Sendo a técnica ideal para o tipo de levedura utilizada neste experimento. O processo de fermentação foi realizado no período de 25 dias, realizando a medição no refratômetro de grau Brix até atingir um valor próximo de zero. Após atingir o valor próximo de zero foi dado início ao processo de destilação.

#### 4.1.3 Destilação e espectrometria no infravermelho

Para fazer a destilação da amostra foi realizado conforme mostrado na Figura 10, a montagem da estrutura para a realização do processo de destilação fracionada de 125 mL da amostra.

**Figura 10:** Equipamentos e estrutura utilizados na destilação.



Fonte: Autora, 2023.

#### 4.1.4 Espectrometria no infravermelho

Para a análise do destilado, foi colocada uma gota do mesmo no acessório de ATR (Refletância Total Atenuada) com janela de ZnSe, utilizado para análises de amostras líquidas. Na Figura 11 mostra o equipamento Nicolet™ IS™ 10 FT-IR Spectrometer - Thermo Scientific utilizado nas análises.

**Figura 11:** Equipamento para a análise FTIR da *Thermo Scientific*.



**Fonte:** Autora, 2023.

Também foi determinado a massa específica do destilado através da inserção da amostra em um balão de 25mL, pesando-se a massa total, descontando-se a massa do balão vazio, através da Equação 1:

$$D = m/v \quad (1)$$

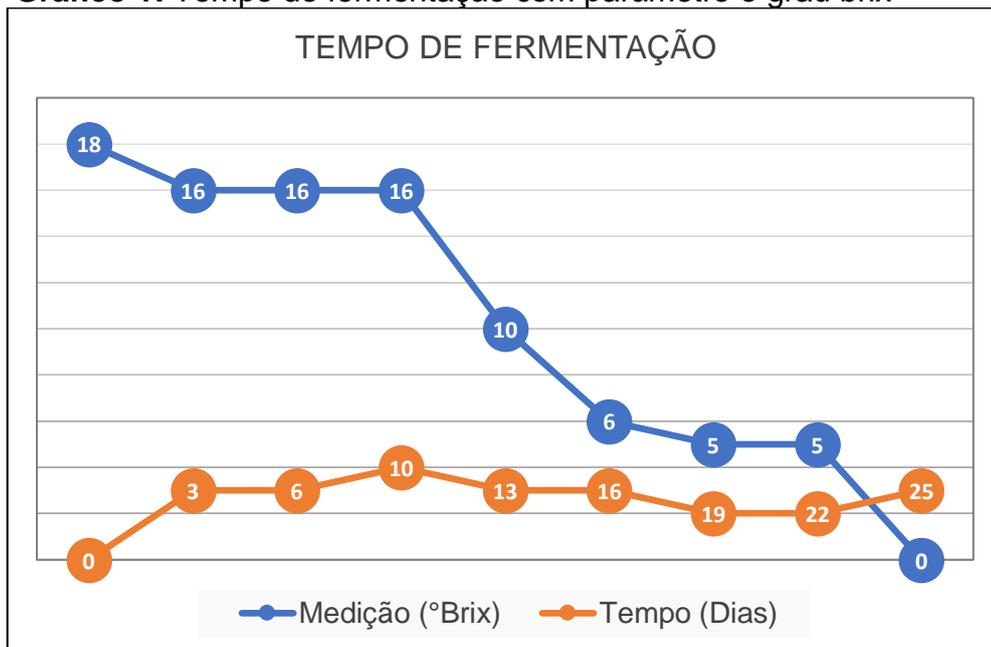
Onde: m = massa em grama

v = volume em mL

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Gráfico 1, apresenta os resultados do monitoramento do processo de fermentação do mel de descarte, através da mediação ao longo dos dias, do grau brix, onde define a quantidade de açúcar na amostra. Após os vinte e cinco dias, foi comprovado que a levedura consumiu todo o açúcar da amostra.

**Gráfico 1:** Tempo de fermentação com parâmetro o grau brix



Fonte: Autora, 2023.

Como mostra na Figura 12, após decorridos os vinte e cinco dias de fermentação, o valor obtido no refratômetro estava próximo de 0° Brix, o que indica que o processo de fermentação estava completo, onde já não havia mais sacarose a ser consumida pela levedura, indicando a possibilidade de se iniciar o processo de destilação da amostra.

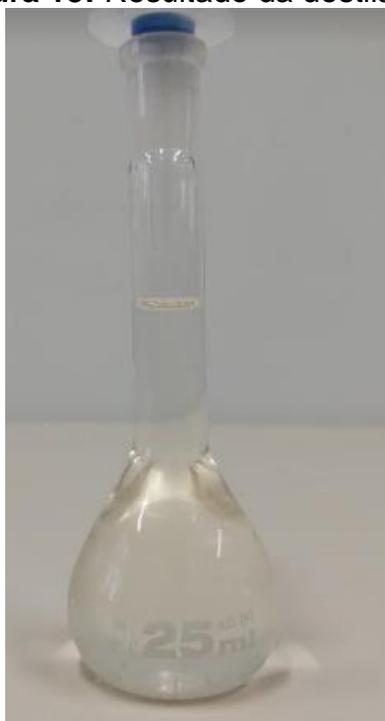
**Figura 12:** Medição do grau Brix da amostra fermentada.



**Fonte:** Autora, 2023.

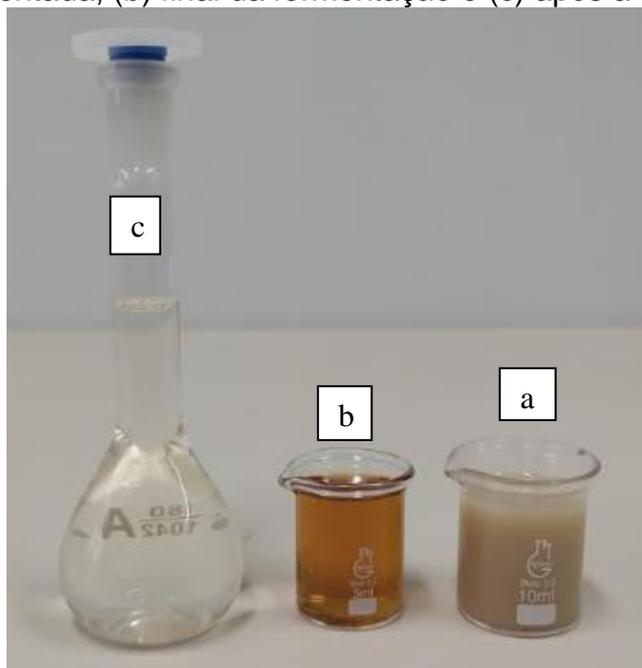
Em seguida, prosseguiu-se com os procedimentos de destilação, conforme podemos observar na Figura 13, obteve-se uma solução translúcida após o processo de destilação da solução fermentada. Para as análises tanto no FTIR quanto para o uso do condutivímetro e pHmetro foi usado amostra como demonstrado na Figura 14.

**Figura 13:** Resultado da destilação.



**Fonte:** Autora, 2023.

**Figura 14:** (a) fermentada, (b) final da fermentação e (c) após a destilação.



**Fonte:** Autora, 2023.

Para determinar a densidade do bioetanol, foi realizada triplicata de pesagem do bioetanol, como apresenta a Tabela 2.

**Tabela 2:** Resultado da densidade da amostra

<b>Massa (g)</b>	<b>Volume (mL)</b>	<b>Massa específica (g/mL)</b>
21,2242	25	0,8491
21,2252	25	0,8490
21,2268	25	0,8491

**Fonte:** Autora, 2023.

O bioetanol produzido obteve uma massa específica média de 0,8491, um valor de pH de 6,0 com condutividade elétrica de 480  $\mu\text{S/m}$ , e teor alcoólico de 73%.

Com os dados foram coletados e em seguida foi realizando as conversões de unidade para comparativos de resultados com as informações da regulação da ANP, a Tabela 3 mostra os respectivos resultados obtidos. Onde, pode ser realizado a comparação com a Tabela 1 fornecida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

**Tabela 3:** Resultados obtidos da amostra destilada

<b>Massa específicas</b>	<b>Cor</b>	<b>Teor alcoólico</b>	<b>Condutividade elétrica</b>	
0,8491 kg/m <sup>3</sup>	Incolor	73%	480 µS/m.	pH 6

Fonte: Autora, 2023.

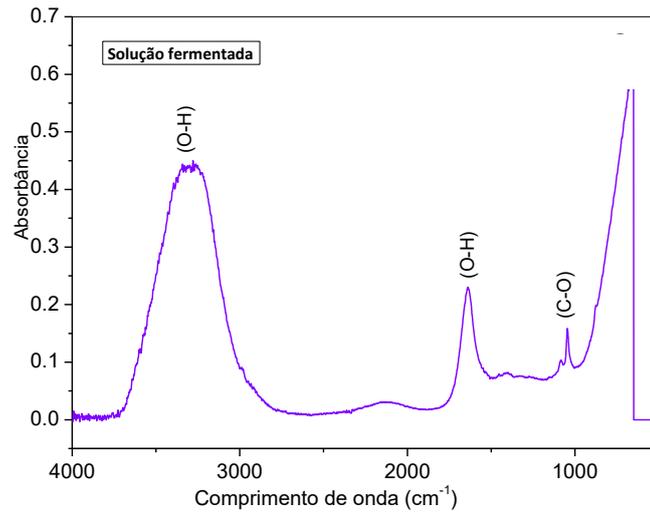
**Tabela 1:** Características do bioetanol.

<b>Massa específicas</b>	<b>Cor</b>	<b>Teor alcoólico</b>	<b>Condutividade elétrica</b>
789 kg/m <sup>3</sup>	Incolor	94,5%	350 µS/m.

Fonte: Agência Nacional de Petróleo, 2022.

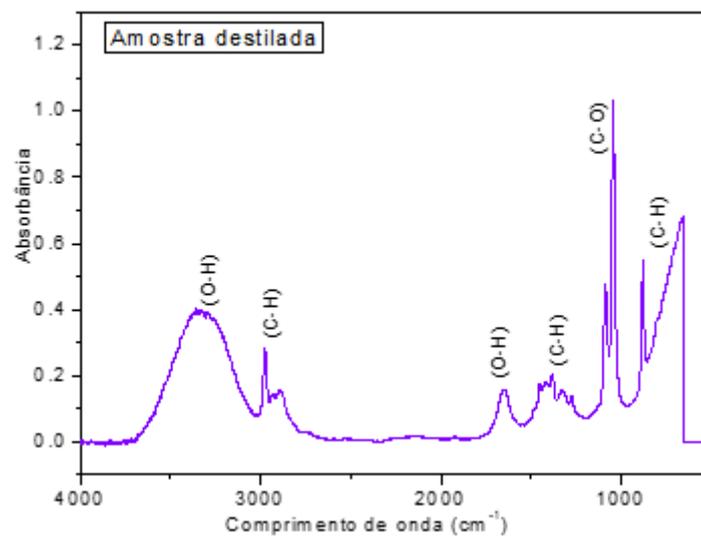
O espectro FTIR da Figura 15, plotada no software OriginPro Versão 8 corresponde a amostra de mel fermentada, observa-se uma banda forte e largas na frequência de 3600 - 3000 cm<sup>-1</sup> devido ao grupo O-H presente na água e na estrutura do etanol uma banda 1600 de média intensidade que corresponde a deformação angula do grupo O-H. Observou-se também uma banda 1025 cm<sup>-1</sup> que corresponde a ligação C-O de álcool primário. Já na amostra destilada da Figura 16 observa-se as bandas correspondentes a ligação O-H nas mesmas frequências descrita na Figura 15 enquanto a banda da ligação C-O apresentou-se mais intensa na frequência de 1025.- 1050 cm<sup>-1</sup>. Observa-se também a presença das bandas na faixa de 2900-2800 cm<sup>-1</sup>, que corresponde a vibração de deformação axial da ligação C-H dos grupos CH<sub>3</sub> e CH<sub>2</sub> do etanol além disso se observa as bandas na faixa de 1450-1370 cm<sup>-1</sup> que corresponde a vibração de deformação angular dos grupos CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>, e 725 cm<sup>-1</sup> que corresponde a deformação angular fora do plano da ligação do CH. Com isso, confirma-se que o produto destilado corresponde ao etanol. (SILVERTEIN, 2000).

**Figura 15:** Espectro FTIR do mel fermentado.



**Fonte:** Autora, 2023.

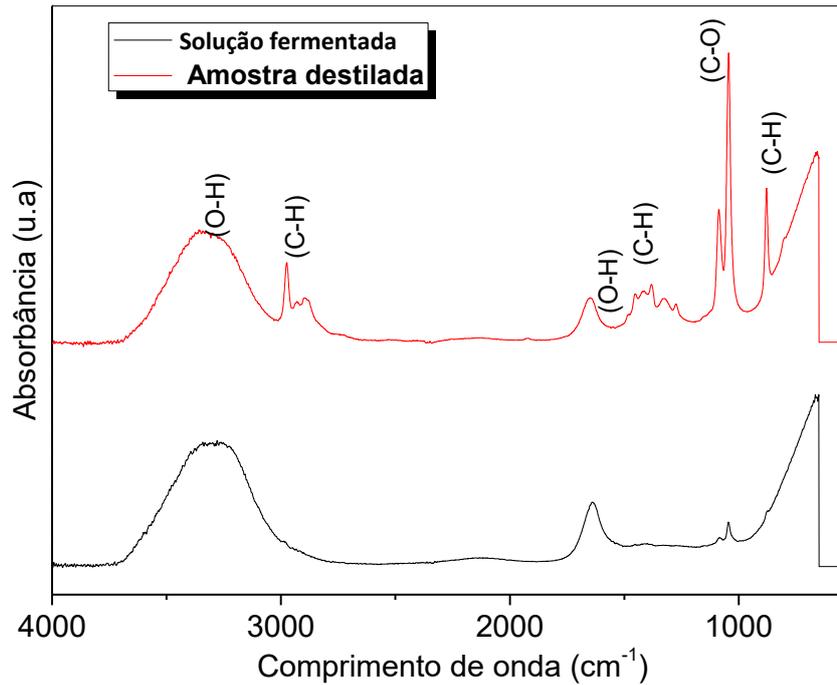
**Figura 16:** Espectro FTIR da amostra do mel destilada.



**Fonte:** Autora, 2023.

De forma de comparativo dos gráficos da Figura 15 e 16, a Figura 17 mostra a sobre posição dos gráficos com suas expectativas análise da solução fermentada e amostra destilada.

**Figura 17:** gráfico sobre posto da Figura 15 e 16.



**Fonte:** Autora, 2023.

Foi realizado o teste de combustão como apresentado na Figura 17 usando estopo submerso no etanol destilado. Comprovando-se que o etanol destilado pode ser utilizado como um biocombustível. No Anexo 1 encontra-se os gráficos sobre posto da amostra analisada na Figura 14.

**Figura 18:** Teste de combustão do bioetanol produzido.



**Fonte:** Autora, 2023.

Para o cálculo do rendimento, que é o volume final destilado (100 mL) em relação ao volume inicial da amostra fermentada (125 mL).

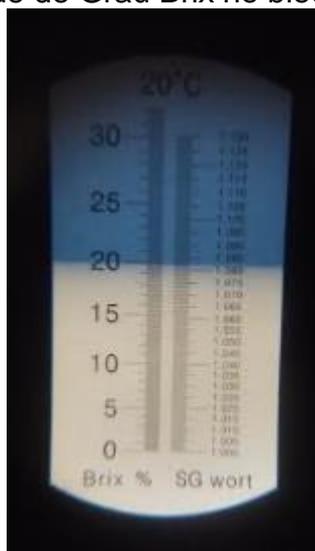
$$\text{Rendimento} = (100/125) \times 100 = 80\%.$$

Inicialmente na fermentação usou-se 130 mL de mel diluído em 1000 mL de água destilada. Sendo que 125 mL foi utilizado para destilação.

Portanto 125 mL de amostra fermentada, contém 16,25 mL de mel. Com isso obteve-se 100 mL de bioetanol e 73% de teor alcoólico. Mostrado que os valores esperados da especificação da ANP um pouco abaixo. Como forma de corrigir os resultados o ideal para se chegar em 94,5% de teor alcoólico seria utilizar 20,92 mL de mel em 125 mL de água destilada ou 167,4 mL de mel em 1000 mL de água destilada.

Para a obtenção do teor alcoólico utilizamos o refratômetro para medir o grau brix do bioetanol coletado que foi de 20°. Apresentado na figura 18. Figura a seguir.

**Figura 19:** Quantidade de Grau Brix no bioetanol coletado.



**Fonte:** Autora, 2023.

Para obtenção do teor Alcoólico foi utilizado o aplicativo de calculadora Brix, Densidade e ABV (graduação alcoólica) no site ([www.Fermentandocaos.com.br/calculadora-brix-densidade-e-abv/](http://www.Fermentandocaos.com.br/calculadora-brix-densidade-e-abv/)) apresentado na figura A Figura 19 e a Figura 20 que fornece as estimativas de teor alcoólico. Na figura 19 foi utilizado o grau brix do destilado e a densidade conforme a norma da ANP. Já na figura 20 foi utilizada o grau brix do destilado e a densidade encontrada experimentalmente. Onde, a média do grau alcoólico estimado foi de 73 %.

**Figura 20:** Grau brix do destilado x densidade da norma da ANP.

### Estimativa de ABV

Brix Atual

Densidade Atual

ABV %

Densidade Inicial

**Fonte:** Calculador brix, 2023.

**Figura 21:** Grau brix do destilado x densidade do etanol destilado.

### Estimativa de ABV

Brix Atual

Densidade Atual

ABV %

Densidade Inicial

**Fonte:** Calculador brix, 2023.

## 6 CONCLUSÃO

Nessa proposta, os resultados obtidos apresentam-se bastante promissores, podendo-se chegar as seguintes conclusões:

- ✓ A matéria prima fornecida (mel de abelha). mostra potencial para produção de bioetanol.
- ✓ Foi importante o monitoramento no processo de fermentação desde o início até o final do consumo da sacarose pela levedura, sendo que a temperatura é um parâmetro fundamental. Em um tempo estimado para esse processo foi de 25 dias e a temperatura próxima de 30°C.
- ✓ No processo de destilação foi fundamental para obter o bioetanol (78°C). sendo importante controlar a temperatura e para evita o refluxo da amostra foi utilizado as pérolas de vidro e a diminuição do volume fermentado no balão de destilação.
- ✓ Os testes das propriedades físico-químicas conforme as especificações da ANP foram realizadas: Densidade, Condutividade elétrica e pH. sendo que os resultados estão próximo aos valores especificados.
- ✓ O rendimento estimado nesse processo foi de 80%
- ✓ A técnica FTIR foi importante para caracterização do bioetanol e amostra fermentada, constituindo uma ferramenta de grande potencial no processo de controle de qualidade na produção de bioetanol a partir do mel de abelha.
- ✓ O teste de combustão utilizando bioetanol obtido na destilação mostra-se como um combustível alternativo.

Finalmente sugere-se como trabalho futuro a utilização uma maior quantidade de mel na diluição com água destilada afim de aumentar o grau brix e com isso obter maior quantidade de teor alcoólico.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5992, Álcool etílico e sua mistura em água – **Determinação a massa específica do teor alcoólico – Método do densímetro de vidro**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

ALBUQUERQUE, Dominic. Os 10 maiores produtores de petróleo do mundo. **SOCIENTIFICA**, 2022. Disponível em < <https://socientifica.com.br/maiores-produtores-de-petroleo-do-mundo/>>. Acesso em: 05 de fev. 2022.

ANEEL, 2012, **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>. Acesso em: 17 jul.2022.

ANP. **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: < <https://www.gov.br/anp/pt-br> >. Acesso em: 17 jul. 2022.

AZEVEDO, M. S. et al. **Mel de melato de bracatinga (Mimosa scabrella Bentham) do planalto serrano de Santa Catarina: discriminação e potencialidade funcional**. 2017.201f. Tese - Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília: Diário Oficial da União.2001.

CAO, Xincheng et al. Catalytic conversion of waste cooking oils for the production of liquid hydrocarbon biofuels using in-situ coating metal oxide on SBA-15 as heterogeneous catalyst. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, [s. l.], v. 138, p. 137–144, 2019.

CARVALHO, SIMONE PEREIRA; CARRIJO, E. L. de O. **POLÍTICAS SETORIAIS E MACROECONÔMICAS A produção de álcool: do PROÁLCOOL ao contexto atual**. In: Sober, XLV Congresso da Sober, Conhecimentos para agricultura do futuro, Londrina. **Anais...** Londrina: 2007.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira - cana-de açúcar (safra 2019/20)**, Brasília, v. 6, n. 2, 2019. 58p.

CGEE. **Química verde no Brasil: 2010-2030** - Ed. rev. e atual. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

DEMİRBAŞ, A. Bioethanol from Cellulosic Materials: A Renewable Motor Fuel from Biomass. **Energy Sources**, v. 27, n. 4, p. 327–337, 2005. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00908310390266643>>. Acessado em: 17 de jul. 2022.

FAPESP. Proálcool: uma das maiores realizações do Brasil baseadas em ciência e tecnologia. **agencia.fapesp**, 2016. Disponível em <<https://agencia.fapesp.br/proalcool-uma-das-maiores-realizacoes-do-brasil-baseadas-em-ciencia-e-tecnologia/24432/>> Acessado em: 05 fev. de 2023.

FLORES, Denisele. Fermentação alcoólica. **EscolaEducação**, 2020. Disponível em: <<https://escolaeducacao.com.br/fermentacao-alcoolica/>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

GENOVESE, Alex Leão, UDAETA, Miguel Edgar Morales and GALVAO, Luiz Cláudio Ribeiro. Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. Disponível em: <<http://www.patentesonline.com.br/processo-de-hidrolise-acida-continua-e-controlada-de-substancias-celulosicas-192054.html>>. Acesso em: 18 de jul.2022.

GRIPPA, Mario José Cacho. **PLANTA FLEX NO MATO GROSSO**. 2012. 63 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação Mba – Gestão do Agronegócio, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

GUIMARÃES, Cátia. Governo brasileiro lança documento sobre Rio +20. EPSJV/Fiocruz. 2011. Disponível em: <<https://www.epsjv.fiocruz.br/noticias/reportagem/governo-brasileiro-lanca-documento-sobre-rio-20>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

HANSEN, A. C.; ZHANG, Q.; LYNE, P. W. L. Ethanol-diesel fuel blends – a review. **Bioresource Technology**, 2005, 96, p.277-285.

HAMELINK, C. N.; HOOIJDONK, G.V.; FAAIJ, A. P. C. **Ethanol from lignocellulosic biomass: Techno-economic performance in short-, middle- and long-term.** Biomass and Bioenergy, v. 28, p. 384-410, 2005.

HOOLER, F.J., SKOOG, A.D.,CROUCH, S.R. **Princípios de Análises Instrumental**, 6 ed. Editora Bookman, pp. 469-483, Porto Alegre, 2009.

HOLANDA, Aristo. **Biodiesel e inclusão social.** Brasília: Câmara Dos Deputados, 2004. 212 p.

HUBER, G. W.; IBORRA, S.; COMA, A. **Synthesis of transportation fuels from biomass: chemistry, catalysis, and engineering.** Chemical Reviews, 2006, 106, p.4044-4098.

BOSSLE, R., **IEA APOSTA EM CRESCIMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E ELETRICIDADE LIMPA NOS CARROS ATÉ 2023.** NEITEC / EQ / UFRJ - Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos, 2023. Disponível em: <<https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=8YHKfwbN&id=77E94FD03514EE71454018CEFBC9AE9A469F768A&thid=OIP.8YHKfwbNkw7IomPUNmaMEgHaGn&mediaurl=https%3a%2f%2fth.bing.com%2fth%2fid%2fR.f181ca7f06cd930ec8a263d436668c12%3frik%3dinafRpquyfvOGA%26riu%3dhttp%253a%252f%252fwww.neitec.eq.ufrj.br%252fwp-content%252fuploads%252f2018%252f12%252fxiea-renovaveis-etanol-1024x915.png%26ehk%3dfPNmF%252bJ7XHBWaf%252fZsP1elbu1PcEa%252bdZFStHsDdlGn%252f8%253d%26risl%3d%26pid%3dlmgRaw%26r%3d0&exph=915&expw=1024&q=etanol++EIA+2023+mundial&simid=608022582093962485&FORM=IRPRST&ck=17156644943BF39679C6BFF2F92179A8&selectedIndex=47&ajaxhist=0&ajaxserp=0>>. Acesso em 8 de out. 2022.

INMETRO. FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS - FISPQ. Disponível em: <<[http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/MRC/8314\\_etanol\\_combustivel.pdf](http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/MRC/8314_etanol_combustivel.pdf)>> Acesso em: 05 fev. 2023.

IBP. BIOMASSA DE ORIGEM AGRÍCOLA. **Abibbrasil**, 2023. Disponível em <<https://abibbrasil.wixsite.com/institutobrpellets/biomassaagorindustrial#:~:text=As%20culturas%20agroenerg%C3%A9ticas%20utilizam%20principalmente%20rotas%20tecnol%C3%B3gicas%20de,o%20etanol%2C%20o%20biodieselhttps://abibbrasil.wixsite.com/institutobrpellets/biomassaagorindustrial#:~:text=As%20culturas%20agroenerg%C3%A9ticas%20utilizam%20principalmente%20rotas%20tecnol%C3%B3gicas%20de,o%20etanol%2C%20o%20biodiesel%20e%20%C3%B3leos%20vegetais%20diversos.l%20e%20%C3%B3leos%20vegetais%20diversos>>. Acesso em 05 fev. 2023.

JOHN, R. P.; ANISHA, G. S.; NAMPOOTHIRI, K. M.; PANDEY, A. Micro and macroalgal biomass: A renewable source for bioethanol. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 1, p. 186–193, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.139>>; acesso em: 18 de jul. 2022.

KOTTASOVÁ, Ivana. ;DEWAN, Angela.; REGAN, Helen. COP 26: Novo rascunho de acordo mantém referência inédita a combustíveis fósseis. **CNNBRASIL**, 2021. Disponível em: < <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/cop-26-novo-rascunho-de-acordo-mantem-referencia-inedita-a-combustiveis-fosseis/> >. Acesso em: 05 fev. 2023.

LASHINSKY, A. **How to beat the high cost of gasoline. Forever: Ethanol is the answer to the energy dilemma. It's clean and green and runs in today's cars.** Disponível em<[http://money.cnn.com/2006/01/24/news/economy/biofuel\\_fortune\\_020606/](http://money.cnn.com/2006/01/24/news/economy/biofuel_fortune_020606/)>. Acesso em: 18 jul.2022.

LEE, J. **Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. Journal of Biotechnology**, v. 56, p. 1-24. 1997.

LIRIO, F. C. **Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de méis florais irradiados**. 2010. 154f. Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

LORENZI, Bruno Rossi; ANDRADE, Thales Haddad Novais. O etanol de segunda geração no Brasil – Políticas e redes sociotécnicas. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 34, n. 100, e3410014, set. 2019.

MACEDO, I. C.; SEABRA. J. E. A.; SILVA, J. E. A. R, S. **Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020**". Biomass and Bioenergy, v. 32, p.582-595. 2008.

MELO. Fernanda dos Santos Nunes de. **Caracterização do mel de abelha e produção de aguardente de mel de acordo com a florada típica do Sertão Paraibano**. 2012. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2012.

Mattede, H. Fontes de energia renováveis – Quais são e como funcionam. **Mundodaeletrica**, 2023. Disponível em < <https://www.mundodaeletrica.com.br/fontes-de-energia-renovaveis-quais-sao-como-funcionam/> > Acesso em: 05 de fev.2023

MOHIDDIN, MohdNurfirdaus Bin et al. Evaluation on feedstock, technologies, catalyst and reactor for sustainable biodiesel production:Areview.JournalofIndustrialandEngineering Chemistry, [s. l.], v. 98, p. 60–81,2021.

NOVACANA. PROCESSOS de fabricação do etanol. **Site da NOVA CANA**.2023. Disponível em:< <https://www.novacana.com/etanol/fabricacao>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

NUNES, R. DE M. et al. Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil. **Revista Liberato**, v. 14, n. 22, p. 135–150, 2013.

NYKO, D. et al. A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. **BNDES Setorial**, v. 32, p. 5-48, 2010.

OLIVEIRA, Rubens. Técnicas para Separar as Misturas. **Pólo Lagado**. 2023. Disponível em: < [https://pre-seed.blogspot.com/2012/03/quimica-1-aula-3-cleber-julian\\_18.html](https://pre-seed.blogspot.com/2012/03/quimica-1-aula-3-cleber-julian_18.html) >. Acesso em: 05 de fev. de 2023.

PASSOS, D.S. **BIOCOMBUSTÍVEIS: ESTRATÉGIA DE LONGO PRAZO DO BRASIL E A BARREIRA DA CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL**. Bacharel (curso de Ciência Econômicas). Universidade Federal de Bahia. Salvador 2009.

Pavia, D. L., et al. 2015. Introdução à espectroscopia (Cengage Learning: 2. ed. São Paulo).

PORTAL ENERGIA. Energias renováveis. FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS. 06 fev. 2023. Disponível em: < <https://www.portal-energia.com/fontesde-energia/>>. Acesso em: 09 de fev. de 2023.

PETERS, M. S. TIMMERHAUS, K. D. **Plant design and economics for chemical engineers**. Mc Graw Hill International editions. 4th ed. New York, San Francisco, 1991.

ROBAK, Katarzyna; BALCEREK, Maria. Review of second-generation bioethanol production from residual biomass. **Food Technology and Biotechnology**, v. 56, n. 2, p. 174-187, jun. 2018.

SILVA, S. COSTA, A.D. et al **A IMPORTÂNCIA DA BIOMASSA NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA**.

SILVA, N. L. C. **Produção de Bioetanol de Segunda Geração a partir de Biomassa Residual da Indústria de Celulose**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, Roseanne Batista Rodrigues; SERRA, Juan Carlos Valdés. Revisão de biomassas para produção de etanol de segunda geração. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 14, n. 1, p. 16-25, jan-jun. 2017.

SILVERSTEIN, R. M., WEBSTER, F. X., Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos, 6<sup>a</sup>. ed. LTC Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 2000.

SINGH, Digambar et al. Chemical compositions, properties, and standards for different generation biodiesels: A review. Fuel, [s. l.], v. 253, p. 60–71, 2019