



THAINÁ OLIVEIRA ALVES

**PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL A PARTIR DE
PRODUTOS COM AVARIAS DE UMA EMPRESA
ALIMENTÍCIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**LAVRAS – MG
2022**

THAINÁ OLIVEIRA ALVES

**PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL A PARTIR DE PRODUTOS COM
AVARIAS DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Luciano Jacob Corrêa

**LAVRAS- MG
2022**

*À minha mãe:
Dedico este trabalho, mulher de exemplo e
força para todos na família.*

AGRADECIMENTOS

A minha mãe que sempre me incentivou em momentos difíceis e teve compreensão quando precisei. Aos meus familiares por toda contribuição, carinho e confiança. Agradeço também os amigos que me apoiaram e que contribuíram muito para minha formação profissional.

Muito obrigada!

RESUMO

É comum e muito mencionado a preocupação com o meio ambiente, tanto pela população quanto pelas indústrias. Neste contexto, surge a valorização de resíduos agroindustriais e a produção de bioprodutos a partir de fontes renováveis. No Brasil, o etanol é a segunda maior fonte de energia renovável e sua produção e pesquisas são incentivadas pelo governo. A matriz elétrica brasileira conta com 83% de fontes de energias renováveis, enquanto a média do mundo era de 25%, principalmente devido a seu grande potencial hidrelétrico. O trabalho aqui apresentado trata-se de um estudo sobre a produção do Álcool de 2ª geração Neutro de Cereais a partir da mandioca acrescentando resíduos industriais a esta produção. O objetivo é realizar um comparativo de disponibilidade, preço, qualidade em relação ao processo de conversão e sustentabilidade ambiental deste Álcool Neutro de Cereais com diferentes processos realizados para a produção do etanol. Este estudo foi desenvolvido com base em pesquisas bibliográficas, utilizando publicações de artigos, teses e dissertações que envolvessem o tema proposto. De início foi realizado uma revisão de literatura dos etanóis de primeira, segunda e terceira geração, sua chegada ao Brasil e seus processos industriais através da cana-de-açúcar, do milho, da beterraba e da mandioca. Após a revisão de literatura, foi desenvolvido o estudo de caso com as empresas Nestlé Purina e Ouro Minas e demonstrado como ambas contribuem para a redução de danos ao meio ambiente. Por conseguinte, caracterizou como a indústria fabrica etanol a partir da mandioca e de resíduos industriais. Contudo, é demonstrado que a mandioca apresenta eficiência de conversão de 180 Litros/tonelada, sendo maior que as culturas de beterraba e cana-de-açúcar, na qual atinge 110 e 70 Litros/tonelada de rendimento respectivamente. Os resíduos agrícolas podem aumentar o rendimento, sendo que uma tonelada da mistura de mandioca acrescentando resíduo industrial tem produtividade maior que 104 litros de álcool. A metodologia utilizada para esse processo é a *Dry-milling* (hidrólise enzimática do amido de cereais), tecnologia mundialmente utilizada para a obtenção do açúcar da matéria prima. Pode-se ainda destacar que a modificação no processo de fermentação aumentou o rendimento e reduziu custos para a indústria. Conclui-se também que o procedimento de descarte de resíduos, restante do processo, é hoje um dos mais utilizados e está dentro das normas.

Palavras-chave: Etanol; Resíduos Agroindustriais; Meio Ambiente; Processos Bioetanol.

ABSTRACT

Concern for the environment is common and often mentioned, both by the population and by industries. In this context, the valorization of agro-industrial waste and the production of bioproducts from renewable sources arises. In Brazil, ethanol is the second largest source of renewable energy and its production and research are encouraged by the government. The work presented here is a study on the production of 2nd generation Neutral Grain Alcohol from cassava, adding industrial waste to this production. The objective is to make a comparison of this Neutral Alcohol from Cereals with different processes carried out for the production of ethanol. This study was developed based on bibliographic research, using publications of articles, theses and dissertations that involved the proposed theme. Initially, a review of the literature on first and second generation ethanol was carried out, their arrival in Brazil and their industrial processes through sugarcane, corn, beetroot and cassava. After reviewing the literature, a case study was developed with the companies Nestlé Purina and Ouro Minas and demonstrated how both contribute to the reduction of damage to the environment. Therefore, it characterized how the industry manufactures ethanol from cassava and industrial waste. However, it is demonstrated that cassava has a conversion efficiency of 180 Liters/ton, which is higher than the beet and sugarcane crops, in which it reaches 110 and 70 Liters/ton of yield respectively. Agricultural residues can increase yield, and a ton of cassava mixture adding industrial residue has a productivity greater than 104 liters of alcohol. The methodology used for this process is Dry-milling (enzymatic hydrolysis of cereal starch), a technology used worldwide to obtain sugar from the raw material. It can also be highlighted that the modification in the fermentation process increased the yield and reduced costs for the industry. It is also concluded that the waste disposal procedure, remainder of the process, is today one of the most used and is within the standards.

Keywords: Ethanol; Agroindustrial Waste; Environment; Processes .

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	História do Etanol.....	12
2.2	O Etanol Produzido Através da Cana de Açúcar	13
2.3	O Etanol Produzido Através do Milho	16
2.4	O Etanol Produzido Através da Beterraba	18
2.5	O Etanol Produzido Através da Mandioca	20
2.6	Materiais Lignocelulósicos	21
2.6.1	Celulose	22
2.6.2	Hemicelulose.....	23
2.6.3	Lignina	23
2.7	Processo de Produção do Etanol de Segunda Geração	24
2.7.1	Pré-tratamento térmico e mecânico	25
2.7.2	Hidrólise.....	25
2.7.2.1	Hidrólise ácida	25
2.7.2.2	Hidrolise enzimática	26
2.7.3	Fermentação	27
2.7.4	Destilação.....	27
2.8	O Meio Ambiente	28
3	METODOLOGIA	30
4	ESTUDO DE CASO	31
4.1	A Nestlé Purina	31
4.1.1	Nestlé Purina em Ribeirão Preto.....	31
4.2	A Ouro Minas.....	32
4.3	A Fabricação de Etanol no grupo Ouro Minas.....	32
4.3.1	Cozimento	34
4.3.2	Dextrinização.....	34
4.3.3	Sacarificação	34
4.3.4	Fermentação	35

4.3.5	Controle de qualidade	35
4.3.6	Meio ambiente	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

No decorrer do século XX, os produtos advindos do petróleo, tornaram-se a principal forma de geração de energia, além de se tornar a base para o desenvolvimento da indústria química (IPCC, 2007). Os combustíveis fósseis têm um papel muito importante na sociedade tal qual a conhecemos hoje, pois eles representam mais de 75% da demanda energética mundial, sendo usados em veículos, indústrias e residências (FOGAÇA, 2022).

Deste modo, há dependência mundial desta matéria prima, problemas como variações de preços e o poder por qual nação é mais forte, circulam o mundo, tornando a situação mais preocupante, uma vez que poucos países detêm grande parte da produção do petróleo (IPCC, 2007). Outro ponto negativo dos combustíveis fósseis é que eles não são renováveis, ou seja, um dia as suas reservas terão um fim (FOGAÇA, 2022).

Além do impacto nas relações de poder público, o petróleo também impacta direta e indiretamente o meio ambiente, por ser o maior emissor de gases responsáveis pelo aquecimento global (IPCC, 2007). A combustão ou queima de todos os combustíveis fósseis gera gases poluentes, tais como o dióxido de carbono (CO_2), que é considerado por muitos como o principal causador do aquecimento global; o monóxido de carbono (CO), que é tóxico e venenoso; material particulado, como a fuligem (C), e outros gases oriundos da presença de impurezas, como os óxidos de enxofre e de nitrogênio que causam chuvas ácidas (FOGAÇA, 2022).

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2030, do Ministério de Minas e Energia brasileiro (MME), prevê uma produção diária nacional de petróleo de 5,3 milhões de barris diários em 2030, sendo que em 2019 esse número era de 2,8 milhões (BP, 2020b; MME, 2021). O Brasil está atrás apenas dos Estados Unidos na produção mundial, com geração de 35,6 bilhões de litros de etanol na safra 2019/2020 (CONAB, 2020).

Diversos países adicionam etanol à gasolina em proporções que variam normalmente entre 5% e 27%, não apenas para reduzir a utilização de combustíveis fósseis, mas também para aumentar a octanagem da gasolina (Abdellatief et al., 2021). Entretanto, vemos que os planos de governos brasileiros e o cenário atual vão na contramão da tendência mundial de descarbonização (SILVEIRA, 2017).

Considerado hoje um dos maiores desafios mundiais, os problemas ambientais sempre estão em pauta nas reuniões políticas globais, o constante crescimento populacional, a escassez de recursos naturais são problemas que precisam ser resolvidos imediatamente, é preciso deixar

de lado o modelo de uso antigo dos recursos e se atentar ao novo mundo (WORLD WATCH INSTITUTE, 2006).

Em questão de necessidade desta fonte de energia, para suprir as necessidades de consumo de biocombustíveis estabelecidas para 2025, o Brasil precisará avançar na moagem de cana, na modernização e integração das produções de etanol de primeira e segunda geração nas usinas existentes (UNCTAD, 2016).

Ragauskas (2006) afirma que atualmente busca-se outras opções para a substituição gradual do petróleo, vindas de biomassas renováveis, além de ser ótima opção para uma sociedade sustentável, reduz os impactos ao meio ambiente.

O governo brasileiro possui planos e políticas para desenvolver e alavancar os biocombustíveis, como venda de créditos de descarbonização na bolsa de valores, os CBios, e o Programa Nacional de Biocombustíveis, RenovaBio (USDA, 2020). A mais expressiva no Brasil atualmente é o RenovaBio (Política Nacional de Biocombustíveis), instituída pela Lei Nº 13.576/2017. O principal instrumento do RenovaBio é o estabelecimento de metas nacionais anuais de descarbonização para o setor de combustíveis (Mercado de crédito de descarbonização), de forma a incentivar o aumento da produção e da participação de biocombustíveis na matriz energética de transportes do País (ANP, 2021).

Apesar da forte indústria petrolífera, o Brasil é o país com um dos maiores níveis de energias renováveis em suas matrizes energética e elétrica no mundo. A matriz elétrica brasileira contava com 83% de fontes de energias renováveis, enquanto a média do mundo era de 25% (em 2018), principalmente devido a seu grande potencial hidrelétrico (EPE, 2022).

Neste contexto encontra-se o etanol (C_2H_5OH), também chamado de álcool etílico, um dos mais importantes recursos alternativos. No Brasil o etanol é comumente produzido através da cana-de-açúcar por fermentação de açúcares hexoses (C_6), e recebem esse nome por possuírem 6 carbonos em sua molécula. Utiliza-se da tecnologia da fermentação do açúcar pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Seu custo é competitivo e sua produção iniciou-se pela criação do programa Proálcool. Já nos Estados Unidos, a principal matéria prima é o amido de milho, tecnologia mais recente, com justificativa de substituição de aditivos promotores de octanagem na gasolina automotiva e redução de gases emissores (RODRIGUES, 2010).

O etanol é um composto orgânico oxigenado e é caracterizado como um combustível líquido, possui elevado teor de oxigênio em sua composição, sendo aproximadamente 35% em relação à massa total, assim, é realizada uma combustão mais limpa, resultando melhor

desempenho dos motores e maior redução na emissão de gases poluentes, ainda mesmo quando misturado à gasolina, atuando como aditivo (BNDES; CGEE, 2008).

Para Farrel (2006), os processos realizados a partir da cana de açúcar são renováveis e sustentáveis, pois o bagaço pode suprir a energia para a fase industrial da produção do etanol, o ponto negativo seria as questões relacionadas a queima no canavial. Em relação ao milho, é necessária grande demanda de energia proveniente do carvão e do gás natural, e isso obtém mais emissão de gases na atmosfera, semelhantes à gasolina.

A busca por inovações nos processos e por diferentes matérias primas é constante e avança rapidamente. São inúmeros requisitos levados em conta como: disponibilidade, preço, qualidade em relação ao processo de conversão e sustentabilidade ambiental (BOMTEMPO, 2011).

Neste contexto, o presente trabalho teve como finalidade efetuar uma revisão de literatura sobre o processo de produção do etanol. Com isso, apresentar resultados através de duas empresas: a Nestlé Purina e a Ouro Minas. A primeira empresa produz alimentos para cães e gatos, obtendo também avarias que não foram aceitas nos testes de qualidade. Estes resíduos, alimentos descartados, a empresa Ouro Minas reutiliza para a produção de álcool de cereais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Classificação dos biocombustíveis

Os biocombustíveis são divididos em dois grupos, convencionais e avançados, e são diferenciados de acordo com sua fonte de obtenção. Os biocombustíveis convencionais são conhecidos como de primeira geração, sua fonte de produção são as culturas alimentares, como milho, soja, cana-de-açúcar etc. Os avançados, por sua vez, são os de segunda e terceira geração. Os biocombustíveis 2G são obtidos de culturas não alimentares, como resíduos agrícolas e florestais, enquanto os biocombustíveis 3G são obtidos por meio da utilização de algas (CGEE 2018).

2.1.1 Etanol de Primeira Geração (1G)

Para a produção dos biocombustíveis de primeira geração são utilizados açúcares, amidos ou óleos vegetais. Eles não entram no grupo dos biocombustíveis vistos com bons olhos, quando produzidos a partir de grãos como milho ou canola, pois apresentam diversos problemas: podem impactar negativamente no preço dos alimentos, podem ameaçar a biodiversidade (quando feitos a partir de óleo de palma, por exemplo), apresentam balanço de carbono ruim, pois não reduzem significativamente a emissão de gases do efeito estufa e, às vezes, podem até atrapalhar a redução (BIOBLOG, 2016).

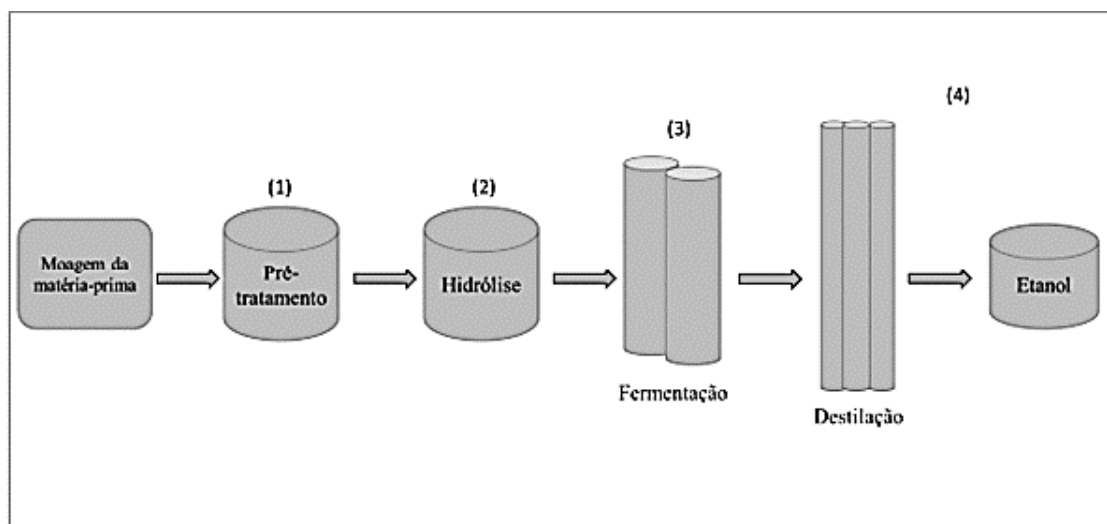
2.1.2 Etanol de Segunda Geração (2G)

Diferentemente do etanol de primeira geração que são produzidos por plantas (cereais, oleaginosas e culturas que fazem parte da alimentação humana e animal) que exigem áreas de cultivo extensas e gordura vegetal (óleo de fritura) ou animal (sebo); o de segunda geração recebe destaque porque são produzidos a partir da biomassa (resíduos ou rejeitos) de diversos tipos (RAELE et al., 2013, p. 207). A fim de produzir um biocombustível de segunda geração com alta eficiência energética como disponibilidade de energia estável.

A bioetanol de segunda geração consiste em um biocombustível sustentável, onde é realizado a conversão (biológica, química ou física) da biomassa em produtos químicos (ou bioquímicos) e o biocombustível (RODRIGUES, 2011, p. 1244-1245).

Na Figura 1 é demonstrado o processo de conversão da biomassa. Inicialmente ocorre a moagem e em seguida o pré tratamento. Após o processo da hidrólise, é efetuado a quebra de açúcares complexos (polissacarídeo) em açúcares simples - processo biotecnológico realizado pela ação enzimática - metabolizados pelos micro-organismos na fermentação e subsequente realiza-se a destilação (ZANONI et al., 2015, p. 11). Ao fim da produção os resíduos da biomassa podem ser queimados em caldeiras de alta pressão, e dessa maneira, gera-se energia estabelecendo a ordem de sustentabilidade e reaproveitamento (ROSA e GARCIA, 2009, p. 132).

Figura 1 – Processo simplificado da produção de etanol 2G



Fonte – Adaptado de Mussato et al. (2010).

2.1.3 Etanol de Terceira Geração (3G)

O foco dos biocombustíveis de terceira geração é a intervenção direta na produção de biomassa no campo da genômica. Para isso as colheitas destinadas à energia são previamente projetadas, utilizando técnicas eficientes de procriação rápida, com a premissa de gerar plantas que possuam propriedades mais apropriadas para converter em bioprodutos (BIOBLOG, 2016).

2.2 História do Etanol

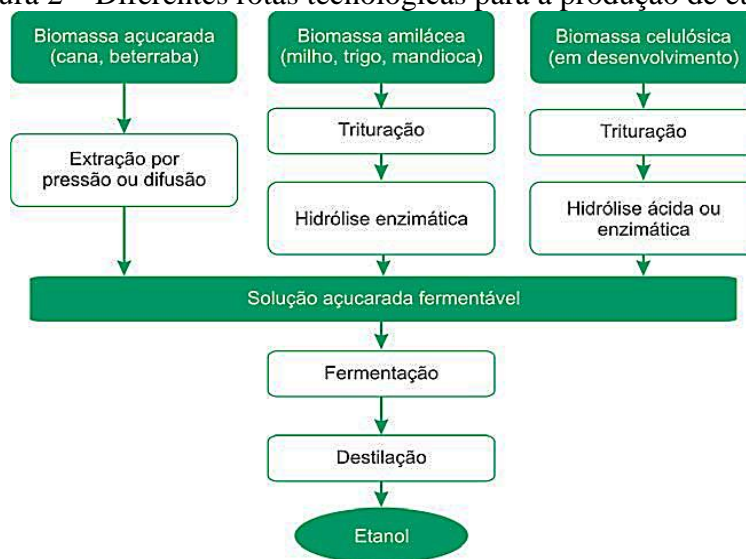
A história dos biocombustíveis no Brasil teve início no século XX, e em meados de 1975 o Brasil se tornou pioneiro na área através da criação do Proálcool (Programa Nacional

do Álcool), cujo propósito era incentivar as Usinas a fabricarem álcool a partir da cana-de-açúcar (RODRIGUES, 2010).

[...] em 1894 na Alemanha, pesquisadores tentava empregar álcool combustível em automóveis de algumas marcas. Em 1899 em Paris aconteceu à primeira corrida de automóveis alimentados por álcool, a partir de então surgiram diversos pesquisadores e destiladores, as indústrias passaram a adotar o álcool como combustível, a principal razão na época para o uso de álcool como combustível foi o alto custo. (ROTSTEIN, 1985 *apud* CARVALHO, *et al.*, 2013, p. 188).

O álcool tem sua história tão antiga quanto a história do carro, o mesmo também é usado em bebidas e em remédios (RODRIGUES, 2010). Para Macedo (1993) é possível produzir etanol de diversas matérias primas, podendo ser classificadas em três categorias (1G, 2G e 3G), demonstrado na Figura 2, onde a primeira é os sacaríneos: possuem o açúcar sacarose, como, por exemplo, a cana-de-açúcar e a beterraba; a segunda é os amiláceos: que contém amido, como por exemplo o milho e os cereais em geral; e a terceira são as celulósicas: o etanol é produzido através do eucalipto, bagaço entre outros.

Figura 2 – Diferentes rotas tecnológicas para a produção de etanol.



Fonte: BNDES (2008)

O etanol pode ser fabricado de qualquer biomassa que contenha quantidade significativas de carboidratos, amido ou açúcares (BNDES, 2008).

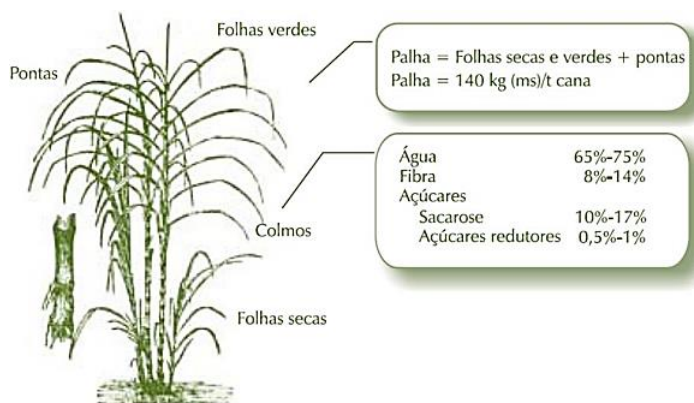
2.3 O Etanol Produzido Através da Cana-de-Açúcar

A cana-de-açúcar é comumente cultivada no Brasil em meados do século XVI, o objetivo inicial era a exportação, a colonização e a colonização do território (MATTOS, 1942)

De origem na Polinésia, foi muito bem adepta nas Américas, por ser típica de climas tropicais e subtropicais, pode ser produzida em um período entre quatro a seis anos, e considerada fácil de manejar (TOWNSEND, 2010). No Brasil o cultivo tem destaque nas regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil e que São Paulo é o maior produtor de cana de açúcar do país (RONQUIM E FONSECA, 2018; ANTUNES et al., 2017; WISSMANN et al., 2014)

Trata-se de uma planta da família das gramíneas. A sacarose se concentra nos colmos, na parte aérea da planta, já a palha está presente nas suas pontas e folhas, conforme a Figura 3 (BNDES; CGEE, 2008).

Figura 3 – Estrutura da cana-de-açúcar.



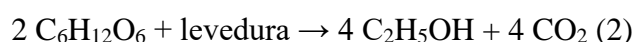
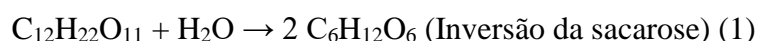
Fonte: BNDES e CGEE (2008).

Segundo Sebrae (2016) a produção do etanol é de modo geral muito importante para o país como um todo, pois além de ser produzido através de matéria prima renovável, gera empregos na cadeia sucroalcooleira, é capaz também de reduzir a emissão dos gases na atmosfera, hoje uma preocupação mundial.

Nova Cana (2017) caracteriza o processo de produção de etanol através da cana-de-açúcar da seguinte forma:

- Lavagem: Processo realizado para lavar toda a poeira da cana e/ou qualquer outro resíduo;
- Moagem: Processo em que a cana é moída e extraída uma espécie de melado, sendo 70% melado e 30% bagaço. Destes, o melado que dará sequência a produção de etanol;
- Eliminação de impurezas: processo de decantação para eliminar resíduos do melado;

➤ Fermentação: Processo em que o melado é misturado a fermento de leveduras, cuja finalidade é transformar todo o açúcar em etanol e gás carbônico (CO₂), demonstrado na Equação 2. Entretanto, inicialmente, a sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁) tem a reação de inversão da sacarose, quebra em moléculas menores, e transforma em glicose (C₆H₁₂O₆) como mostrado na Equação 1. Este processo pode durar entre 8 a 12 horas, neste período o caldo é transformado em vinho que possui de 7% a 10% de álcool, no qual contém biomassa e subprodutos. Tal reação pode ser descrita da seguinte forma:



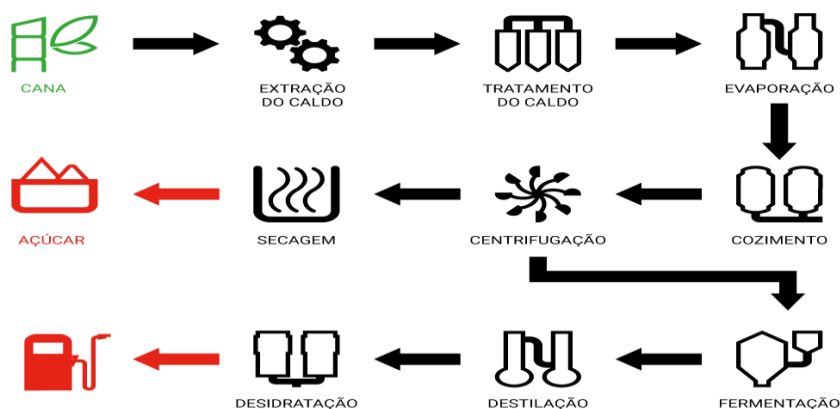
➤ Destilação: após a junção do etanol ao fermento é preciso separá-los, neste processo, o líquido é colocado em colunas de destilação onde é aquecido até evaporar. Por fim, estará pronto o álcool hidratado, utilizado como etanol combustível, com teor alcoólico de 96%;

➤ Desidratação: processo para reduzir o teor de água do etanol e produzir o álcool anidro, com graduação alcoólica de 99,5%.

➤ Armazenamento: o etanol é reservado em tanques até o carregamento para transporte.

A Figura 4 mostra o fluxograma do processo de produção do etanol e do açúcar através da cana-de-açúcar. O que difere os dois produtos finais é o processo consecutivo da centrifugação, onde os cristais contidos no melaço são direcionados para a secagem e o melaço restante, denominado de mosto, é conduzido para a fermentação para deste modo obter o álcool.

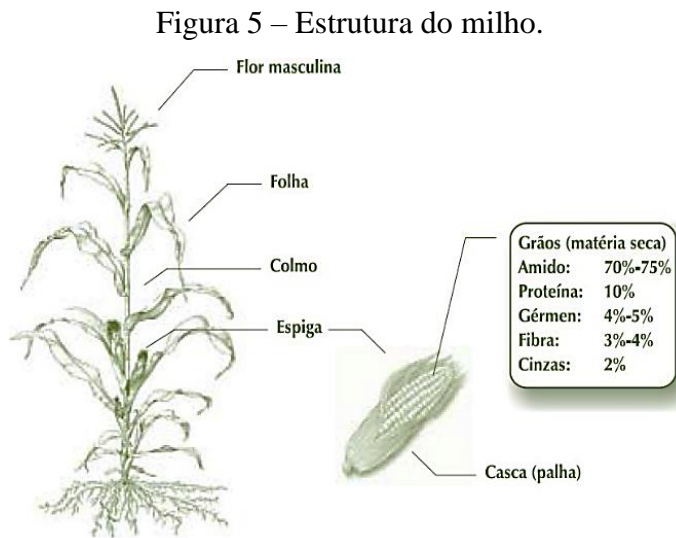
Figura 4 – Fluxograma do processo do etanol através da cana de açúcar



Fonte: Nova Cana (2017).

2.4 O Etanol Produzido Através do Milho

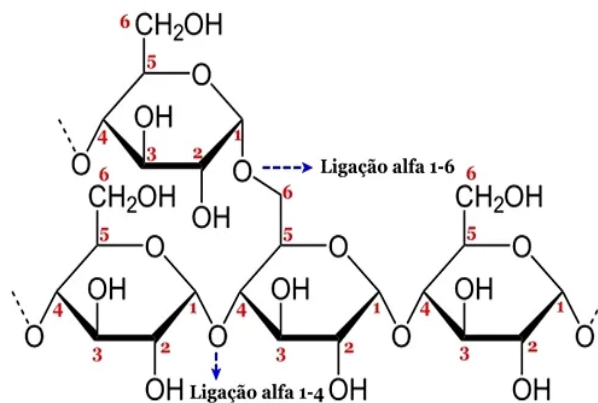
O milho é uma planta da família das gramíneas, de origem Mexicana, e atualmente cultivada em todos os continentes, sendo responsável por cerca de 147 milhões de hectares em todo o mundo, além de ser um grande componente alimentício. A estrutura está descrita na Figura 5 (BNDES, 2008).



Fonte: BNDES (2008).

Para Amabis e Martho (2004) o produto final do processo fotossintético do milho é o amido, capaz de armazenar carbono, é este amido, demonstrado na Figura 6, que será utilizado como matéria prima para todo o processo do etanol. Através da hidrólise, produz a sacarose que será fermentada, resultando em etanol.

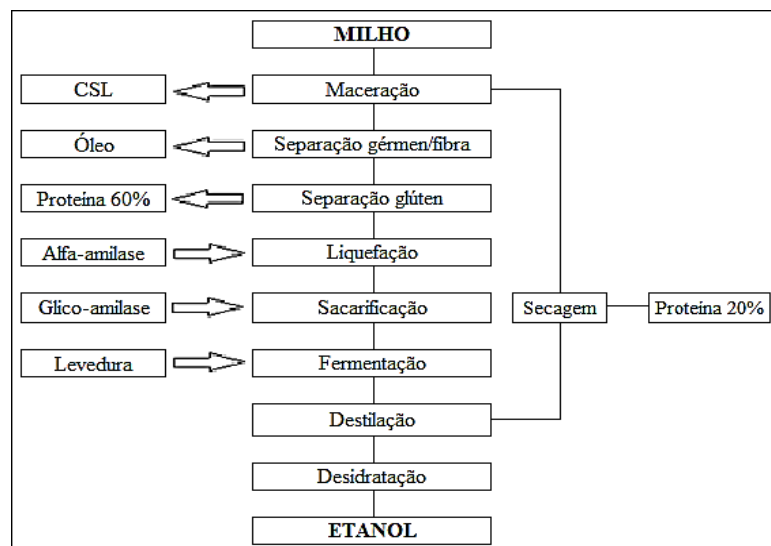
Figura 6 – Estrutura do amido.



Fonte: Amabis e Martho (2004).

De acordo com a Novozymes (2002) é possível produzir etanol a partir do milho por dois processos, sendo eles: moagem úmida e moagem seca. Até o início da década de 90 a moagem úmida, evidenciada na Figura 7, era a mais utilizada, mas tal situação reverteu-se. O processo de moagem seca (Figura 8) vem ganhando destaque, sendo que seu custo é menor e seu rendimento é mais elevado, ocorrendo a possibilidade de recuperar produtos como nutrientes, proteínas, amido e óleo. No processo de obtenção de álcool utilizando milho como matéria prima, é fracionado os grãos e, posteriormente, o amido é convertido em açúcar através da hidrólise enzimática e convertida em sacarose. Este açúcar é fermentado com adição de leveduras especiais e o restante é destilado e convertido em etanol.

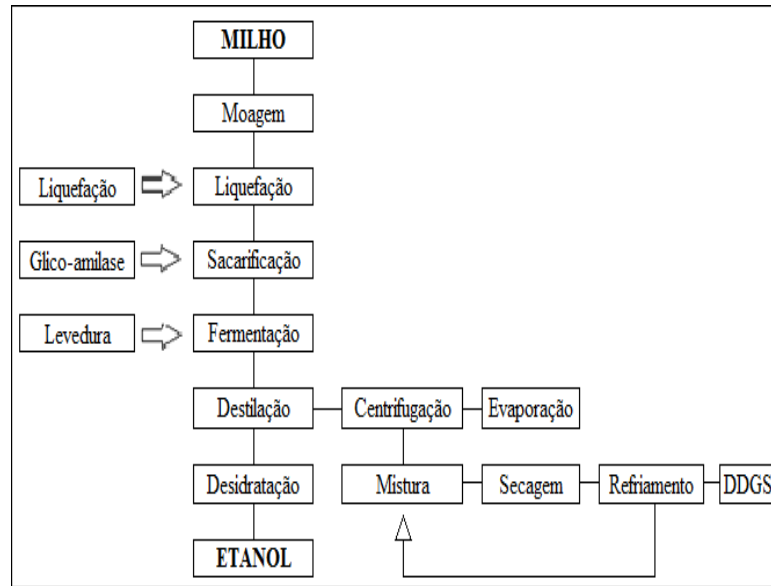
Figura 7 – Fluxograma do processo de obtenção de etanol através do milho (via úmida)



Fonte: BNDES (2008).

O processo pela via úmida, de acordo com Jardine (2009), produz para cada tonelada de milho o equivalente a 440 litros de etanol com óleo de milho no produto final. A via seca, tem o processo do seguinte modo: é adicionado água e enzimas no grão de milho para produzir a hidrólise do amido em cadeias menores de açúcar. Esta reação resulta no co-produto do etanol, o suplemento protéico (DDGS - *distillers dried grains with solubles*) e o dióxido de carbono. Este suplemento contém 26% de proteína, 8% de gordura e 12% de fibra, sendo comercializados para outros afins. No entanto, no total são 460 litros de etanol e 380 kg de DDGS.

Figura 8 – Fluxograma do processo de obtenção de etanol do milho (via seca).



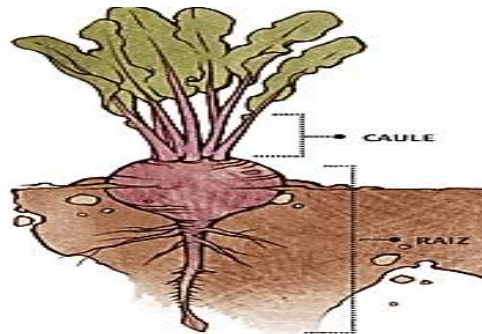
Fonte: BNDES (2008).

Figueira (2005) acrescenta que independentemente do processo escolhido, a liberação de açúcar na produção do etanol de milho é rápida no início, mas reduz sua velocidade em pouco tempo, trata-se da hidrólise que pode levar até 72 horas neste processo. Algumas empresas optam por realizar de maneira simultânea a sacarificação e fermentação a fim de reduzir tempo. Após a fermentação, o produto segue para as colunas de destilação da mesma forma como ocorre com a cana-de-açúcar, porém a vinhaça, resíduo da destilação, segue para o conjunto de centrifugas, onde é isolada a vinhaça fina, assim o etanol passa por desidratação, processo muito comum nos Estados Unidos, já no Brasil, o etanol produzido da cana é adicionado o ciclohexano como agente desidratante. O ciclohexano tem a função de, quando em contato com a mistura líquida, arrastar a água para a fase vapor e liberar etanol como líquido anidro que é retirado no fundo desta coluna. (ABDALA, 2017).

2.5 O Etanol Produzido Através da Beterraba

Para Vitti (2003) a beterraba é uma hortaliça pertencente à família *Chenopodiaceae*, possui raízes tuberosas, de origem Europeia e do norte da África, trata-se de uma hortaliça de um ótimo custo benefício, e de um plantio de fácil manejo, dentre todas as épocas do ano, no inverno é encontrada com mais facilidade.

Figura 9 – Estrutura da Beterraba

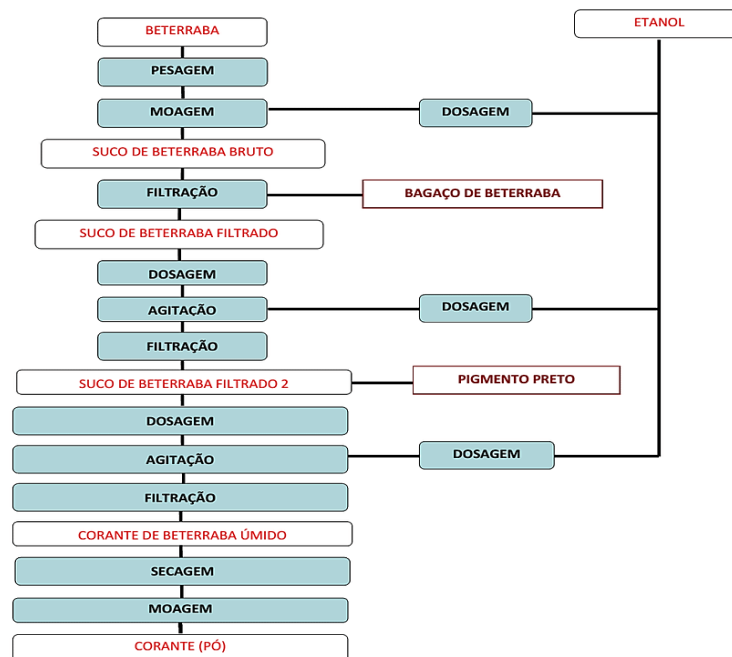


Fonte: Adaptado (VITTI, 2003).

Tomasini (1983) acrescenta que a beterraba empregada na produção do álcool é a beterraba branca, por ser mais açucareira, têm sua origem na Europa. Além disso é uma das mais utilizadas na produção do biocombustível. Já no Brasil, utiliza-se da beterraba como opção entre o período entressafra da cana-de-açúcar.

O processo de produção de etanol a partir da beterraba é praticamente o mesmo que o da cana-de-açúcar, uma vez que o principal material produzido é a sacarose (OLIVEIRA; SERRA; MAGALHÃES, 2012). O diferencial entre os dois processos está nas primeiras etapas, como por exemplo o plantio de ambas as plantas, são diferentes, e até mesmo a quantidade de etanol produzido calculado por hectare (BNDES, 2008).

Figura 10 – Fluxograma do processo de obtenção do etanol através da beterraba.



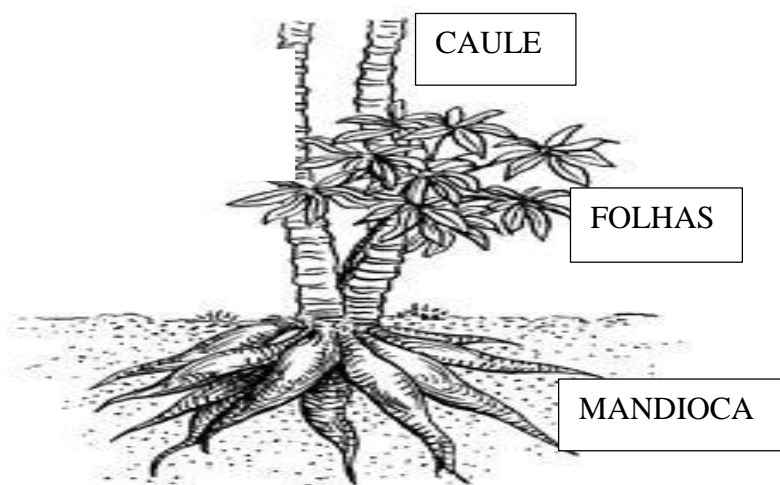
Fonte: BNDES (2008).

De acordo com BNDS (2008) assim que chega à usina, a beterraba passa por limpeza e é fatiada, essas fatias são levadas em tanques de água quente em difusor a fim de extrair o açúcar. E a partir de então todo o restante do processo se iguala ao da cana de açúcar. A torta fibrosa que resulta de todo o processo é utilizada mais tarde para ração de animais.

2.6 O Etanol Produzido Através da Mandioca

A mandioca é uma planta de origem na América do Sul, provavelmente do Brasil Central, sendo atualmente cultivada em vários países, com uma produção anual de aproximadamente 180 milhões de toneladas e está entre os dez alimentos mais consumidos pelo ser humano (LORENZI; VALLE, 2002). É uma espécie arbustiva, podendo chegar até cinco metros de altura, possui folhas simples, constituídas por lamina e pecíolo, já o caule pode ser ereto com ou sem ramificações (BNDES, 2008).

Figura 11 – Estrutura da mandioca



Fonte: Adaptado (BNDES, 2008).

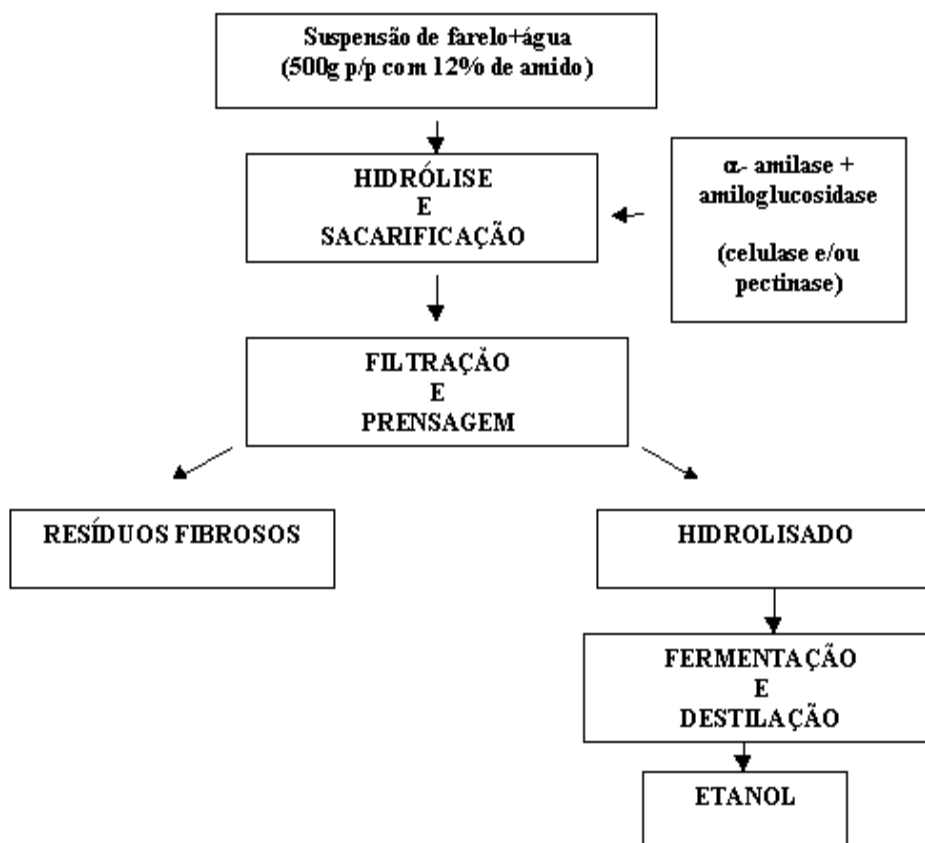
Para Stupiello (1982) embora o produto tenha carboidrato que possa ser transformado em álcool, como sacarose, glicose e amido, são necessários levar em conta seguintes pontos como: custo aquisitivo, facilidades, rendimento, terra, fonte de energia empregada entre outros.

Já Adebowale e Lawal (2002) defendem que os amidos empregados aos processos industriais dependem de como foi influenciado em sua cultura, fatores ecológicos ou

agronômicos podem alterar na forma como vão contribuir para tal, por ser um alimento muito versátil.

A mandioca possui um maior desempenho que a cana-de-açúcar em relação a produtividade por tonelada de fabricação do etanol. Enquanto uma tonelada de cana-de-açúcar produz 85 litros de álcool, uma tonelada de mandioca pode chegar até 104 litros de álcool. Na Figura 12 é demonstrado o processo de fabricação de etanol através da mandioca, neste processo é necessário uma etapa de conversão do amido, presente na raiz, utilizando o método de hidrólise enzimática, deste modo promovendo a fermentação (Embrapa, 2022).

Figura 12 – Fluxograma do processo de obtenção do etanol através da mandioca



Fonte: EMBRAPA (2022).

2.7 Comparativo de rendimento de diferentes matérias primas

Dados da FAO (2008) apontam que em termos mundiais a mandioca apresenta maior eficiência na conversão de álcool em relação as culturas: beterraba e cana-de-açúcar, como se observa na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparativo de Rendimento de diferentes matérias primas para a produção do álcool

Produto	Rendimento (Toneladas/hectare)	Eficiência na Conversão (Litros/tonelada)	Rendimento do Biocombustível (Litros/hectare)
Beterraba	46	110	5060
Cana-de-açúcar	65	70	4550
Mandioca	12	180	2070
Milho	4.9	400	1960

Fonte: Food and Agriculture Organization – FAO (2008)

Segundo Cabello (2007), o etanol proveniente da mandioca mostrou superior viabilidade que as demais principais matérias primas como a cana-de-açúcar e o milho no Brasil no que se refere a rentabilidade de álcool por toneladas, como se observa na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação entre as principais matérias-primas para a produção de etanol

Componente	Mandioca	Milho	Cana
Produtividade agrícola (t/ha/ano)	30	8	85
Açúcares fermentáveis totais (%)	35	62	14,5
Produtividade açúcares (t/ha/ano)	10,5	5	12,3
Conversão etanol (m ³ /ha/ano)	0,59	0,59	0,59
Produtividade etanol (m ³ /ha/ano)	6,2	3	7,2
Preço da matéria-prima (R\$/t)	122	321	42,03
Custo da matéria-prima (R\$/m ³)	590,32	856	496,19

Fonte: Cabello, 2007.

Segundo Rizato (2009) a obtenção de álcool a partir da mandioca produzida no país pode proporcionar uma maior oferta do produto, diminuindo assim o seu preço ao consumidor final. Além disso, poderia a cultura da mandioca ser geradora de renda para a população local.

2.8 Materiais Lignocelulósicos

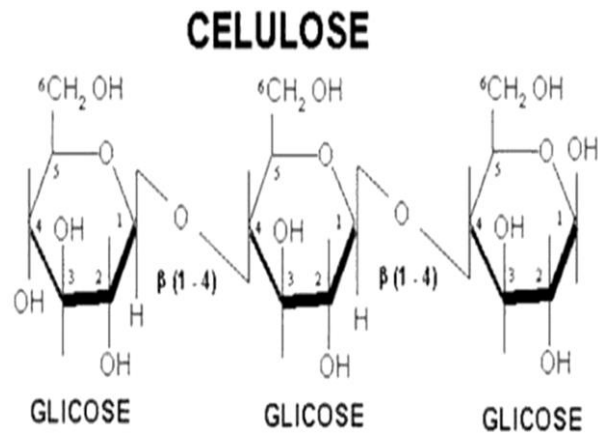
Segundo Santos (2012) materiais lignocelulósicos são os materiais orgânicos mais abundantes da Terra, correspondem cerca de 60% da biomassa vegetal. São compostos em sua maioria de celulose (30% a 50%), hemicelulose (15% a 35%) e lignina (10% a 30%), composições variáveis de acordo com cada tipo de matéria prima empregada.

2.8.1 Celulose

Dentre os materiais lignocelulósicos a celulose é o polímero natural mais abundante do planeta. Trata-se de um polissacarídeo com estrutura constituída por monômeros de glicose

com ligações β -1,4-glicosídicas, formalizando uma espécie de cadeia, a Figura 13 apresenta a estrutura molecular da celulose de acordo com Soccol (2017).

Figura 13 – Estrutura molecular da celulose

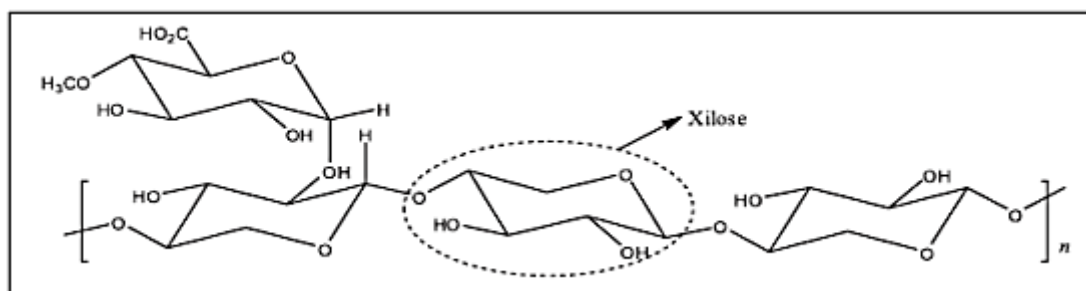


Fonte: Dicionário da Saúde, 2012.

2.8.2 Hemicelulose

Trata-se de um polissacarídeo amorfo composto de inúmeros monossacarídeos. Por sua característica amorfa, a hemicelulose quando comparada a celulose tem maior vulnerabilidade à hidrólise ácida, já se comparada à lignina, ela tem a estrutura mais parecida com a celulose (SOCCOL, 2017).

Figura 14 – Estrutura molecular da hemicelulose

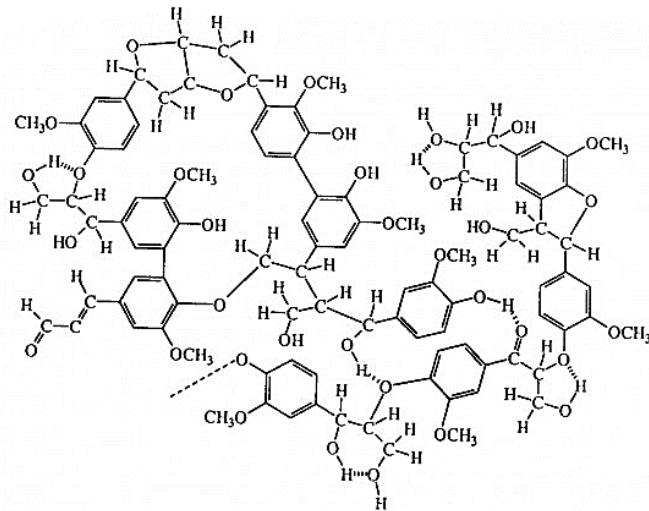


Fonte: SANTOS (2012).

2.8.3 Lignina

Santos (2012) descreve como lignina um polímero amorfo de tamanho considerável, e muito mais complexo que a celulose e a hemicelulose, seu papel é imitar uma barreira tornando a planta mais resistente contra-ataques biológicos.

Figura 15 – Estrutura molecular da lignina

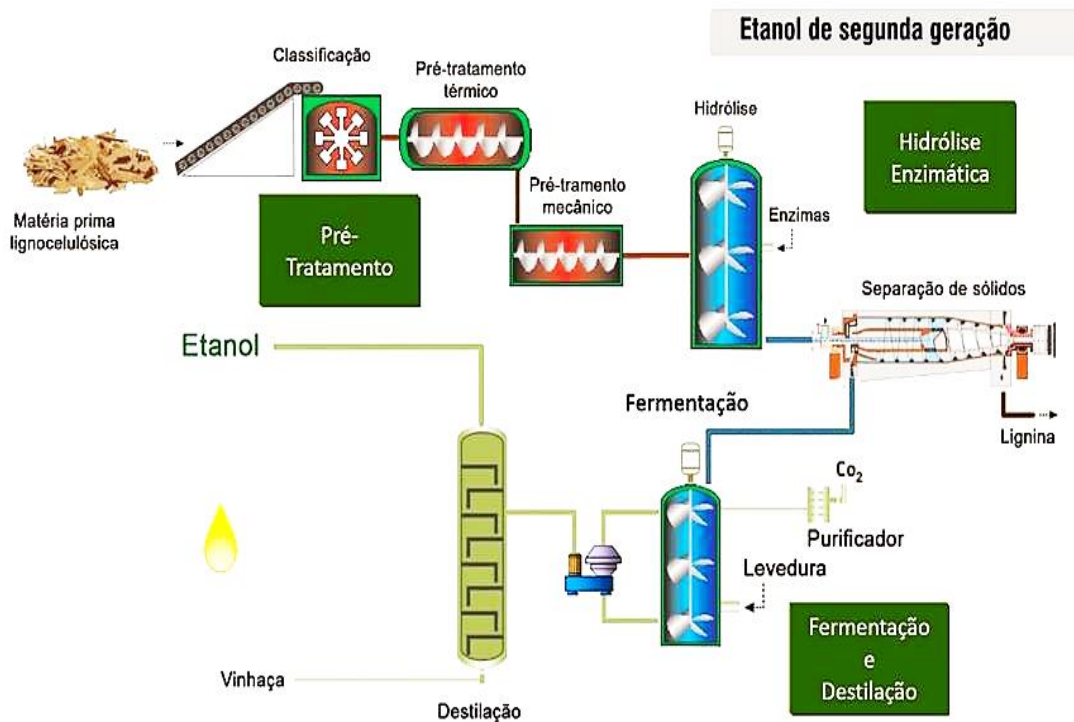


Fonte: SANTOS (2012).

2.9 Processo de Produção do Etanol de Segunda Geração

Rabelo (2010) afirma que o processo de fabricação de etanol está sobre quatro etapas, sendo elas: pré tratamento; hidrólise; fermentação e destilação. Podendo ser apresentado na figura 15.

Figura 16 – Processo de fabricação do etanol



Fonte: RABELO (2010).

2.9.1 Pré-tratamento térmico e mecânico

Segundo Rabelo (2010) o pré-tratamento refere-se à primeira etapa no processo de fabricação do etanol. A intenção é aumentar a área superficial da biomassa, isso evita a formação de inibidores, que possivelmente dificultariam a fermentação. Podem ser pré-tratamentos tipos físicos, químicos e biológicos. O tipo escolhido impactará de forma diferente sobre o material em uso. (MARTINS, 2014).

Os pré-tratamentos físicos podem ser classificados em: redução mecânica e micro-ondas. O pré-tratamento de redução mecânica é baseada na redução do tamanho da partícula através de moagem, aumentando o desempenho da enzima pelo aumento da área superficial (OGEDA et. al., 2010).

Os pré-tratamentos químicos diferem-se pelos compostos orgânicos ou inorgânicos utilizados, assim como nos mecanismos responsáveis pelas modificações estruturais e químicas da parede celular. Os mesmos podem utilizar ácidos, bases ou solventes orgânicos (BRODEUR et. al., 2011).

Os pré-tratamentos biológicos são aqueles que utilizam micro-organismos capazes de degradar a biomassa, sendo a celulose a mais resistente ao ataque biológico (CHIARAMONTI et al., 2012).

2.9.2 Hidrólise

Martins (2014) descreve como hidrólise a etapa responsável pela quebra de macromoléculas de celulose e hemicelulose em moléculas menores, cujo objetivo é obtenção de açúcares fermentescíveis, empregados na fermentação, este processo pode ser feito por duas formas, sendo elas hidrólise ácida ou hidrólise enzimática.

2.9.2.1 Hidrólise ácida

O processo de quebra da cadeia de amido pode ser feito através de ácidos inorgânicos, entre eles o ácido clorídrico e o ácido sulfúrico. Ao empregar este método a principal vantagem é o baixo custo operacional se comparado ao método hidrólise enzimática, porém, algumas intercorrências são necessárias serem levadas em conta como a destruição parcial dos açúcares e a necessidade de correção do pH (HASHEM, 2010).

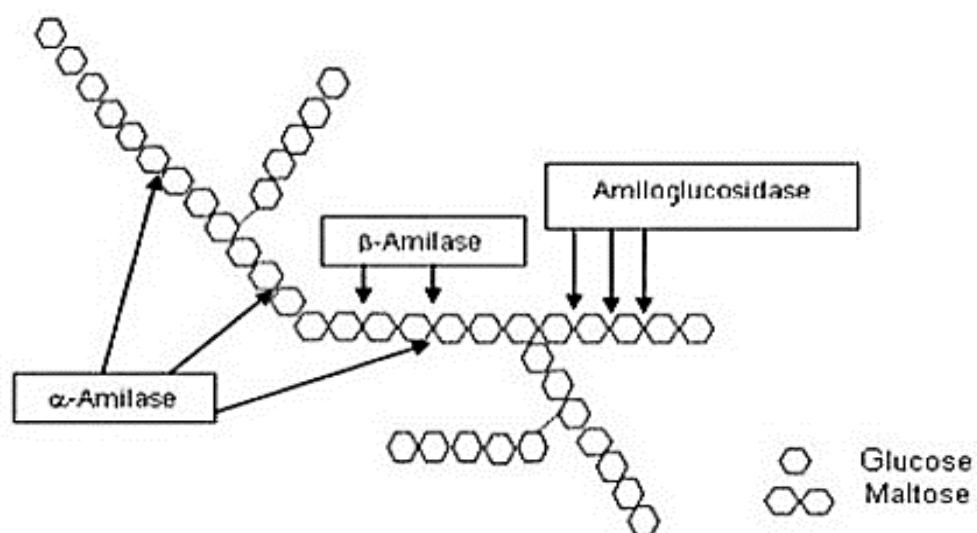
2.9.2.2 Hidrolise enzimática

Torres (2012) defende que para ser fermentado o amido precisa de uma hidrólise previa para ocorrer a quebra de suas cadeias em moléculas menores que além de água são necessários outros agentes químicos ou enzimáticos. Se comparado a hidrólise ácida, a hidrólise enzimática apresenta maior eficiência, já que suas enzimas são empregadas diretamente no amido, formando menos produtos de reversão, tal fator vem sido muito levado em conta pelas indústrias.

Uma variedade de enzimas amilolíticas é capaz de hidrolisar o amido ou outros polímeros de glicose, podendo estas, de acordo com sua maneira de atuação sobre a molécula de amido, ser classificadas como endoamilases ou exoamilases (VAN DER MAAREL et al., 2002).

Na Figura 17 é evidenciado a hidrólise do amido por enzimas amilolíticas. As amilases podem ser divididas em três grupos: as α -amilases, as quais rompem as ligações no interior do substrato (endoamilases); as β -amilases, que hidrolisam unidades das extremidades não redutoras do substrato (exoamilases); e as glucoamilases (amiloglicosidases), as quais liberam unidades de glicose do terminal não-redutor das moléculas do substrato (REED, 1975).

Figura 17 – Esquema geral de hidrólise do amido por enzimas amilolíticas



Fonte: VAN DER MAAREL et al. (2002)

No processo completo de hidrólise, o amido é convertido em uma mistura de vários oligossacarídeos e dextrinas diferentes pelo uso da α -amilase. Essas maltodextrinas,

ligeiramente doces, são submetidas a mais uma conversão pela adição de outras enzimas, promotoras do desdobramento total das moléculas de amilose ou amilopectina que ao se romperem transformam-se em dextrinas cada vez mais simples e finalmente em glicose (ENZIMAS, 2004; JACQUES; LYONS; KELSALL, 1999).

2.9.3 Fermentação

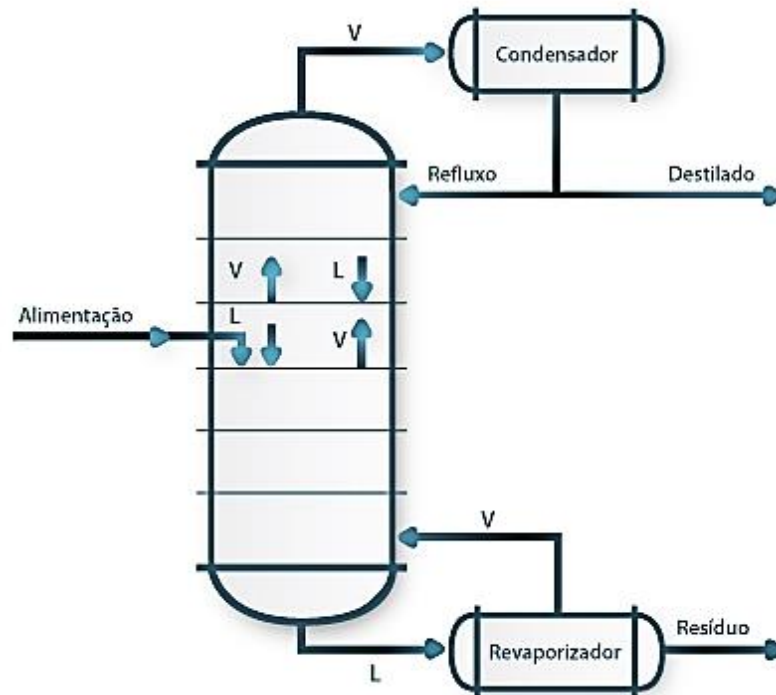
Como o próprio nome diz trata-se do processo de fermentação de açúcares através das leveduras, a mais empregadas nas indústrias é a *Sacharomyces cerevisiae*, apresenta uma boa conversão de glicose a etanol além de alta tolerância alcoólica (RABELO, 2010)

2.9.4 Destilação

Segundo Martins (2010), é a purificação do etanol, destilação é um processo de separação física baseado na diferença de volatilidade entre as substâncias a serem separadas. Os processos de destilação alcoólica contínua, tanto para a produção dos diferentes tipos de álcoois quanto para a produção de cachaça, são realizados, no Brasil, em colunas de pratos ou 15 bandejas, contendo válvulas ou borbulhadores.

Essas colunas de destilação podem ser divididas em duas regiões distintas. A primeira região, localizada entre o prato de alimentação e o topo da coluna, é conhecida como seção enriquecedora ou seção retificadora, onde a vazão de vapor ascendente é maior que o líquido descendente, fazendo com que esse vapor seja enriquecido do(os) componente(s) mais volátil(eis). A segunda região, localizada abaixo do prato de alimentação, sem a inclusão do mesmo, é conhecida como seção de exaustão ou seção de esgotamento, onde a vazão do líquido descendente se torna maior que o vapor ascendente, concentrando o(s) elemento(s) menos volátil(eis) no líquido descendente.

Figura 18 – Coluna de destilação



Fonte: Armário da EQ (2014)

2.10 O Meio Ambiente

Todo o dano causado ao meio ambiente impacta diretamente ao mundo todo, principalmente o efeito estufa, no qual é a emissão de gases da queima de combustíveis fósseis, o desmatamento das florestas, poluição de rios entre outros (EMBRAPA, 2022). As usinas de fabricação de álcool, possuem grande demandas e com isso geram grandes quantidades de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, é necessário portanto reduzir o máximo possível estes resíduos, adotando um novo conceito de gerenciamento, baseado em prevenção e reciclagem, onde o melhor resíduo é aquele que não é gerado, entretanto, quando não há outra alternativa é preciso buscar por ferramentas a fim de reutiliza-los (MARCHIZELI, 2003).

De acordo com a ABNT (2004) a ISO 14001 se refere ao aspecto ambiental como um elemento das atividades, produtos e serviços de uma organização capaz de interagir com o meio ambiente e caracteriza como impactos ambientais quaisquer atitudes que alterem o meio ambiente de forma adversa ou benéfica.

Segundo Barbiéri (2007), uma indústria trabalha em prol do meio ambiente quando a mesma aplica processos e produtos que reduzem os impactos sobre o planeta. Trata-se de uma espécie de proteção capaz de considerar todas as fases do processo de industrialização de seu produto, minimizando o consumo de energia e matéria prima e a geração de resíduos e emissões poluentes.

3 METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido com base em pesquisas bibliográficas, utilizando publicações de artigos, teses e dissertações que envolvessem o tema proposto, tais fontes fornecidas pela plataforma Google Scholar. De início foi realizado uma revisão de literatura sobre o etanol, o início da sua produção no Brasil e seus processos industriais através da cana de açúcar, do milho, da beterraba e da mandioca. Logo após, foi iniciado o tema sobre o álcool produzido através da segunda geração, incluindo os tipos de pré tratamento, os processos de hidrólise ácida e hidrólise enzimática e de fermentação. Após a revisão de literatura foi realizado o estudo de caso com as empresas Nestlé Purina e Ouro Minas, e demonstrado através de dados como as mesmas contribuem para a redução de danos ao meio ambiente. Foi caracterizado também como a indústria Ouro Minas fabrica etanol Neutro de Cereais a partir da mandioca e de resíduos industriais, como é realizado seus processos e o quão este comércio cresceu atualmente.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 A Nestlé Purina

Fundada no ano de 1894 por *Robinson-Danforth Company* e seu amigo George Robinson, inicialmente chamada de *Company Purina*, na cidade de Saint Louis no Missouri/EUA. Com a intenção de promover qualidade na nutrição dos animais juntamente associada a alimentos fáceis de serem encontrados em mercados. Seus primeiros alimentos para cães foram no ano de 1926, desde então a empresa visa um avanço constante na tecnologia e qualidade das rações.

Presente em mais de 70 países, sua sede está localizada na Suíça, a Nestlé Purina mantém destaque na produção de alimentos com alto valor nutritivo para cães e gatos.

4.1.1 Nestlé Purina em Ribeirão Preto

Empresa no qual realizei estágio e atualmente trabalho na área da produção na fábrica. Localizada na cidade de Ribeirão Preto e inaugurada no ano de 2017, esta filial assim como toda a empresa realiza suas atividades com ênfase na sustentabilidade, desde o abastecimento dos ingredientes, uso de energia, água e matérias-primas. O processo com mais impacto ao meio ambiente é o cultivo ou o envelhecimento do grão e da carne, e com a finalidade de reduzir estes impactos a Nestlé Purina Ribeirão Preto possui embalagens otimizadas, além de desempenhar por toda a fábrica a separação de matérias entre plásticos, polietileno, mistos, metais e papeis. É conhecido que a Nestlé possui padrão rigoroso de qualidade as embalagens que chegam para os clientes já passaram por processos minuciosos de avaliações.

Anteriormente as rações que possuíam alguma avaria eram encaminhadas para um serviço pago de compostagem. Após estudos e preocupação com o meio ambiente, atualmente a Nestlé em parceria com a Ouro Minas, revende essa ração que não está dentro das conformidades, por R\$1,54 o kg (Ouro Minas, 2022), com a finalidade de utilizar os grãos da ração na fabricação do etanol.

4.2 A Ouro Mins

Criada pelos irmãos Freitas no ano de 1986, através da compra de uma pequena empresa de polvilho de mandioca no município de Conceição dos Ouros no sul do estado de Minas Gerais-MG, e após seis anos, adquiriram sua atual propriedade localizada no município de São Pedro Turvo-SP, atraídos pela produtividade da mandioca e seu fácil cultivo.

A empresa trabalha com a área agrícola com 70% de cultivo de mandioca e os outros sendo soja, milho e sorgo, na área industrial através da produção de polvilho e também atua na produção de etanol hidratado de cereais produzidos através de *Dry-milling* (hidrólise enzimática do amido de cereais), tecnologia mundialmente utilizada.

Figura 19 – Empresa Ouro Minas



Fonte: Adaptado (Ouro Minas, 2022)

4.3 A Fabricação de Etanol no grupo Ouro Minas

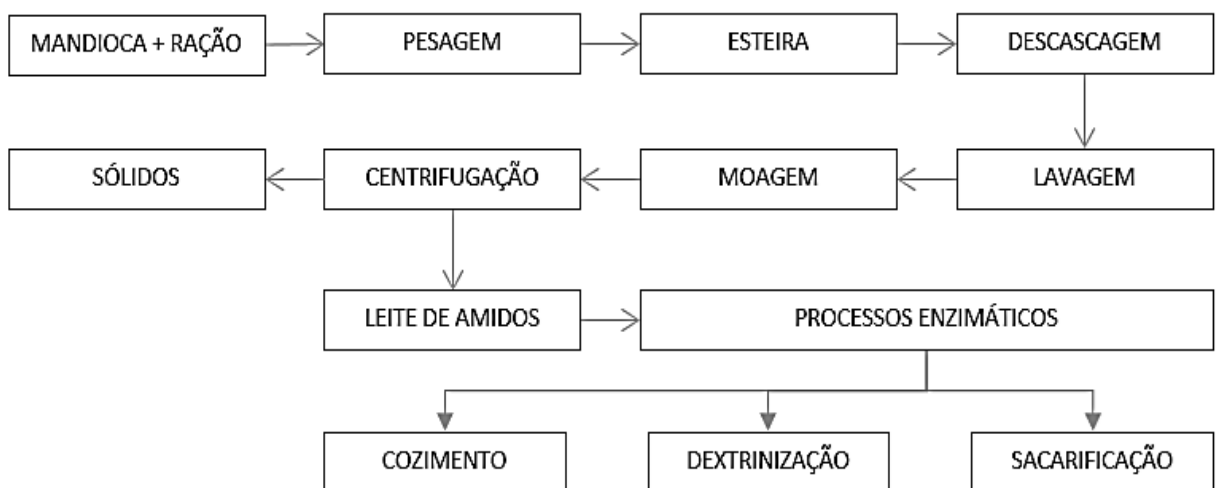
Segundo Riti (2018), o crescimento populacional, o uso irracional das fontes renováveis de energia, o aquecimento global e o meio ambiente são questões que vêm preocupando os produtores de etanol. Bhardwaj, Zenone e Chen (2015) afirmam que o etanol pode ser fabricado a partir de diversas fontes renováveis, desde que contenha na matéria-prima amido, carboidratos ou açúcares.

No processo de transformação da mandioca em álcool são gerados um montante de resíduos que podem mais tarde agregar grandemente (UBALUA, 2007). Lu (2012) acrescenta que o bagaço da mandioca, que é o resíduo que sobra após o uso em indústria, pode também ser utilizado como complemento alimentar para animais.

O grupo Ouro Minas produz Álcool Neutro de Cereais a partir da mandioca e acrescenta a seus processos resíduos indústrias, como é o caso das rações da Nestlé Purina já mencionada e muitos outros resíduos industriais são exemplos deste processo. O grupo possui uma área de aproximadamente 500 hectares de plantio de mandioca, e implantou uma unidade de álcool para bebidas, cosméticos e fins farmacêuticos.

Conforme mostrado na Figura 20, é demonstrado o processo na empresa Ouro Minas. Sendo que, após a colheita da mandioca, a mesma é recebida, pesada e depositada em tanques com sistema de rosca batidora, transportando a mandioca até a esteira e da esteira até a descascarem e lavagem. Após a limpeza, é iniciado o processo de moagem seguido de centrifugação, processo em que são retidos os sólidos e o leite de amido restante. Posteriormente, segue para o processo de fabricação do álcool, este amido entra em processo enzimático classificado em três fases, sendo elas: cozimento, dextrinização e sacarificação.

Figura 20 – Fluxograma do processo de produção de Álcool Neutro de Cereais no grupo Ouro Minas.



Fonte: Adaptado (Ouro Minas, 2022).

Na Ouro Minas, é utilizado como matéria prima a mandioca com adição de avariais industriais. As avarias da ração, da empresa mencionada, contêm milho, sorgo, glúten de milho, farelo de soja, soja casca, proteínas, farinhas, arroz, sais minerais, vitaminas e outros alimentos

adicionais dependendo da receita. A maior parte da ração é composta de biomassa que pode ser transformada em álcool. Porém, para cada produto com divergentes marcas, a receita é diferente, desta forma as quantidades variam. Outro ponto é que, mesmo mantendo a mesma marca e produto, a porcentagem de matéria prima pode divergir. Temos como exemplo o milho, inicialmente é feita análise química na Nestlé Purina para quantificar a quantidade de proteína no milho, para iniciar o processo. Se a quantidade de proteína é baixa, é adicionado mais milho na receita e conseqüentemente é aumentado a quantidade de proteína. Entretanto, na maioria dos casos, a receita contém maior parte de milho, contendo o amido que será essencial para a produção do álcool.

4.3.1 Cozimento

O primeiro processo para a sacarificação do amido à açúcares fermentáveis é justamente mudar a cristalinidade das macromoléculas. A granulação e a cristalinidade é uma limitação, trata-se de uma condição para que possa acontecer hidrólise enzimática, vale ressaltar que um processo de cozimento deficiente causa uma ação incompleta (REGULY, 1996). Neste processo de hidrólise, o grupo Ouro Minas aplica as seguintes medidas: Para cada tanque de 20.000 mL, utiliza 4 toneladas de matérias secas e 1,2L de enzima α -amilase.

4.3.2 Dextrinização

Reguly (1996) essa etapa leva esse nome por conta da ação da enzima α -amilase resultando em: características físicas: redução drástica de viscosidade; e característica química: formação de dextrina. Seu principal papel é a mudança do amido em dextrina, através da alfa-amilase, e isso reduz a viscosidade da pasta de amido.

4.3.3 Sacarificação

Reeve (1992) relata que o amido liquefeito, contendo em sua maioria oligossacarídeos, é modificado em hidrolisados com açúcares de baixo teor molecular, este processo é realizado juntamente com enzimas específicas.

Para a Sacarificação segue praticamente a mesma etapa de hidrólise, alterando apenas as enzimas, neste processo usam-se o segundo tipo de enzima. Para cada tanque de 20.000mL, utiliza 4 toneladas de matérias secas e 1,8L de enzima β -amilase.

4.3.4 Fermentação

Na empresa, estudada neste trabalho, utilizava fermento para pães neste processo. No entanto, utiliza-se fermento adaptado para a produção de etanol. A *Saccharomyces cerevisiae*, comumente mais empregada atualmente, possui um largo espectro de utilização, sua biomassa possui capacidade de recuperar transformando em levedura seca, que pode ser mais tarde empregada em ração animal até mesmo suplemento vitamínico para o homem (MENDES, 2003).

Figura 21 – Tanques de destilação e fermentação.



Fonte: Adaptado (Ouro Minas, 2022).

4.3.5 Controle de qualidade

No laboratório, parte também considerada fundamental no processo de fabricação do etanol, são realizados o controle do processo de fabricação e a qualidade do produto,

averiguando a eficiência e se o mesmo está dentro dos padrões de qualidade da empresa. São realizados testes sensoriais, análises químicas e físicas.

Figura 22 – Controle de qualidade - laboratório



Fonte: Adaptado (Ouro Minas, 2022).

4.3.6 Meio ambiente

A empresa Ouro Minas possui duas diretrizes que buscam por um manejo ecologicamente correto, desta forma todos os efluentes do processo são separados. A casca da mandioca permanece reservada para mais tarde ser transformada em ração animal e a vinhaça também é vendida para a alimentação de animais, todo os efluentes líquidos restantes são encaminhados para a Estação de Tratamento de Efluentes (E.T.E), nas lagoas de sedimentação e tratamento biológico o efluente passara por inúmeros processos até chegar na água tratada, limpa e dentro das normas do órgão de saneamento básico.

Figura 23 – Separação da casca da mandioca



Fonte: Adaptado (Ouro Minas, 2022).

Figura 24 - Resíduos líquidos na Estação de Tratamento de Efluentes (E.T.E).



Fonte: Adaptado (Ouro Fino, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalidade de alcançar os objetivos propostos neste estudo, sobre a produção do Álcool de 2ª geração Neutro de Cereais a partir da mandioca acrescentando resíduos industriais a esta produção, foi realizada uma pesquisa bibliográfica. De início foi realizada uma revisão de literatura dos etanóis de primeira, segunda e terceira geração, sua chegada ao Brasil e seus processos industriais através da cana-de-açúcar, do milho, da beterraba e da mandioca.

O Brasil está atrás apenas dos Estados Unidos na produção mundial, com geração de 35,6 bilhões de litros de etanol na safra 2019/2020. Em questão de necessidade desta fonte de energia, para suprir as necessidades de consumo de biocombustíveis estabelecidas para 2025, o Brasil precisará avançar na moagem de cana, na modernização e integração das produções de etanol de primeira e segunda geração nas usinas existentes. Diversos países adicionam etanol à gasolina em proporções que variam normalmente entre 5% e 27%, não apenas para reduzir a utilização de combustíveis fósseis, mas também para aumentar a octanagem da gasolina.

A matriz elétrica brasileira contava com 83% de fontes de energias renováveis, enquanto a média do mundo era de 25% (em 2018), principalmente devido a seu grande potencial hidrelétrico. Como fonte renovável tem-se o etanol, um composto orgânico oxigenado e é caracterizado como um combustível líquido, possui elevado teor de oxigênio em sua composição, sendo aproximadamente 35% em relação à massa total, assim, é realizada uma combustão mais limpa.

Das matérias primas para a produção do etanol 2G, tem-se a mandioca, na qual possui um maior desempenho que a cana-de-açúcar em relação a produtividade por tonelada de fabricação do etanol. É demonstrado que a mandioca apresenta eficiência de conversão de 180 Litros/tonelada, sendo maior que as culturas de beterraba e cana-de-açúcar, na qual atinge 110 e 70 Litros/tonelada de rendimento respectivamente.

Conclui-se também que o etanol proveniente da mandioca mostrou superior viabilidade que as demais principais matérias primas como a cana-de-açúcar e o milho no Brasil no que se refere a rentabilidade de álcool por toneladas. A obtenção de álcool a partir da mandioca produzida no país pode proporcionar uma maior oferta do produto, diminuindo assim o seu preço ao consumidor final. Além disso, poderia a cultura da mandioca ser geradora de renda para a população local. No processo de transformação da mandioca em álcool, o bagaço da mandioca, que é o resíduo que sobra após o uso em indústria, pode também ser utilizado como complemento alimentar para animais.

O processo de produção na empresa terceiriza, na qual realiza a produção do álcool, utiliza a mandioca com as avarias industriais de uma empresa que produz ração. Na maioria dos casos, estas avarias contêm maior parte de milho, contendo o amido que será essencial para a produção do álcool. A metodologia utilizada para esse processo é a *Dry-milling* (hidrólise enzimática do amido de cereais), tecnologia mundialmente utilizada para a obtenção do açúcar da matéria prima. Para cada tanque de 20.000 mL de mandioca, utiliza 4 toneladas de matéria prima e 1,2L de enzima α -amilase. Para prosseguir com o processo enzimático, é utilizado para cada tanque de 20.000 mL de mandioca, utiliza 4 toneladas de matéria prima e 1,8L de enzima β -amilase. Na empresa, estudada neste trabalho, utilizava fermento para pães neste processo. No entanto, utiliza-se fermento adaptado para a produção de etanol. A *Saccharomyces cerevisiae*, comumente mais empregada atualmente, possui um largo espectro de utilização.

É possível afirmar ainda que a empresa terceiriza é uma empresa que trabalha a fim de reduzir danos ao ecossistema. Seus processos de fabricação de Etanol Neutro de Cereais a partir da mandioca e de avarias agroindustriais, vêm mostrando bons resultados até o momento. O processo de descarte com todo o resíduo que sobra do processo de fabricação do etanol é hoje um dos mais utilizados e está dentro das normas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abdellatief, T. M. M., Ershov, M. A., Kapustin, V. M., Abdelkaree m, M. A., Kamil, M. & Olabi, A. G. (2021). **Recent trends for introducing promising fuel components to enhance the anti - knock quality of gasoline: A systematic review**. Fuel 291, (120112), 1 - 24. 10.1016/j.fuel.2020.120112

ABDALA, T. **Análise comparativa dos processos de produção de etanol anidro**. p. 27, 2017.

ADEBOWALE, K. O.; LAWAL, O. S. **Effect of annealing and heat moisture conditioning on the physicochemical characteristics of Bambarra groundnut (Voandzeia subterranea) starch**. **Nahrung - Food**, v. 46, n. 5, p. 311–316, 2002.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **RenovaBio atinge 21 milhões de CBIOs em 2021 e garante disponibilidade para cumprimento de metas**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-atinge-21-milhoes-de-cbios-em-2021-e-garante-disponibilidade-para-cumprimento-de-metas>. Acesso: 28. Out. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14.001 – Sistema de gestão ambiental – Requisitos com orientações**, 2004.

AMABIS, J. M; MARTHO, G. R. **Biologia**. Vol. 1. 2ª ed. Editora Moderna. São Paulo, 2004.

AMORIM, H., LOPES, M., DE CASTRO OLIVEIRA, J., BUCKERIDGE, M. e GOLDMAN, G. **Scientific challenges of bioethanol production in Brazil**. Applied Microbiology and Biotechnology, v.91, n.5, p.1267-1275. 2011.

ANTUNES, W.R., SCHÖFFEL, E.R., SILVA, S.D.A., HÄRTER, A., CAMPOS, A.D.S., C.R.S. MONTERO, C.R.S., 2017. **Productive performance of early sugarcane genotypes in Rio Grande do Sul state**, Revista Scientia Agraria 18(2), 136-142. <https://doi.org/10.5380/rsa.v18i2.50533>

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos instrumentos**. 2ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento Sustentável.** Rio de Janeiro : BNDES; CGEE, 2008. 316 p.

BOMTEMPO, J. V. **O futuro dos biocombustíveis II: Por que a indústria de biocombustíveis do futuro será diferente da que conhecemos hoje?** Blog Infopetro 2011.

BP. BP Statistical Review 2020. bp. 2020. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energyeconomics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2022.

BRODEUR,G. et al. **Chemical and Physicochemical Pretreatment of Lignocellulosic Biomass: A Review.** Enzyme Research, Tallahassee, p.1-17, 2011.

CABELLO, C. **Matérias-primas amiláceas para fins energéticos.** In: V WORKSHOP SOBRE TECNOLOGIAS EM AGROINDÚSTRIAS DE TUBEROSAS TROPICAIS. Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT). Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2007.

CHIARAMONTI, D. et al. **Review of pretreatment processes for lignocellulosic ethanol production, and development of an innovative method.** *Biomass and Bioenergy*, v. 46, p. 25- 35, nov., 2012.

CINELLI, B. A. **Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial.** p. 183, 2012

Dicionário da saúde disponível em: www.dicionariosaude.com/celulose/. Acesso: 28. Mar.2022.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento.** (2020). <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>.

EMBRAPA. <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/p-d-e-i/etanol/etanol-de-mandioca>. Acesso em 02. Abr. 2022.

ENZIMAS: Ferramentas indispensáveis num mundo vivo. Brasil: Conselho de informação sobre biotecnologia. 2004. Disponível em: <<http://www.cib.org.br/pdf/fbci12port.pdf>>. Acesso: 25 Jun. 2022.

ENGEVISTA, V. 21, n.1, p.176-192, Fevereiro 2019.

EPE. **Matriz energética e elétrica (ano base de 2020)**. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energeticae-eletrica>. Acessado em: 05 jan. 2022.

FIGUEIRA, S. R. **Programas para Álcool Combustível nos Estados Unidos e Possibilidades de Exportação do Brasil**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Piracicaba, 2005.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "**Combustíveis Fósseis**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/combustiveis-fosseis.htm>. Acesso em 20 de setembro de 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, Faostat. Disponível em <<http://faostat.fao.org>> Acesso em 17. Set. 2022.

GOLDEMBERG, J., NIGRO, F. E. B. e COELHO, S. T. **Bioenergia no estado de São Paulo: Situação atual, perspectivas, barreiras e propostas.** : São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São. 2008. 152p. : il. p.

HASHEM, Mohamed; DARWISH, Soumia MI. Production of bioethanol and associated by-products from potato starch residue stream by *Saccharomyces cerevisiae*. **Biomass and bioenergy**, 2010, 34.7: 953-959.

IPCC. **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge University Press. Cambridge. 2007.

JACQUES, K.; LYONS, T. P.; KELSALL, D. R. **The alcohol textbook**. 3.ed. Nottingham: Nottingham Press, 386p, 1999.

JARDINE, J. G.; PERES, M. R.; DISPATO I. (2009). **Indicações de aspecto tecnológico sobre o bioetanol de matéria-prima amilácea**. In. Documento 94. Campinas, SP :Embrapa Informática Agropecuária, 2009, 23 p.

LORENZI, J. O.; VALLE, T. L. **A variedade de mandioca de mesa mais cultivada no Estado de São Paulo**. Campinas-SP: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), 2002.

MACEDO, L. C. H. de. **Etanol etílico: da cachaça ao cereal**. São Paulo: Ícone, 1993.

MARCHIZELI, J. H. C. **Gestão e Gerenciamento de resíduos sólidos para o Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA) – Gerenciamento de Resíduos Sólidos**, EESC/USP, 2003.

MARTINS, F, A; et al. A Produção do Etanol de Segunda Geração a Partir do Bagaço da Cana-de-açúcar. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, 2014, 2.3: 5-16.

MATTOS, A. R. **Açúcar e Álcool no Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1942.

MUSSATO, S. I. et al. **Technological trends, global market, and challenges of bio-ethanol production**. **Biotechnology Advances**, 2010, v.28, p.817-830.

NOVOZYMES . **Fuel ethanol production: technological and environmental improvements**. Novozymes & BBI International, 2002.

OGEDA, T. L., PETRI, D. F. S. **Hidrólise Enzimática de Biomassa**. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 7, p.1549-1558, 2010.

OLIVEIRA, L. M.; SERRA, J. C. V.; MAGALHÃES, K. B. Estudo comparativo das diferentes tecnologias utilizadas para produção de etanol. **Geoambiente On-line: Revista Eletrônica do Curso de Geografia**, Jataí, v. 19, p.1-23, jul./dez. 2012.

PENA, R. F. A. **Produção de etanol no Brasil**. 2017. Disponível em: <http://alunosonline.uol.com.br/geografia/producao-etanol-no-brasil.html>. Acesso em: 15 Mar. 2022.

RABELO, S, C, et al. **Avaliação e otimização de pré-tratamentos e hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, **Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, 2010.

RAELE, R.; BOAVENTURA, J. M. G.; FISCHMANN, A. A.; SARTURI, G. Scenarios for the second generation ethanol in Brazil. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 87, p. 205-223, 2014.

REED, G. **Enzymes in Food Processing**. 2.ed. New York: Academic Press Inc, p. 62-87, 1975.

REGULY, J.; c. **Biotecnologia dos processos fermentativos: Matérias-primas Agrícolas, processos e produtos**. Pelotas: Universitaris/UFPEL, 1996.Iv 330p.

RIZATO, M; FELIPE, F.; **POTENCIAL ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL DE MANDIOCA NO NORTE DO BRASIL**. v. 5 (2009): Volume Especial- XIII Congresso Brasileiro da Mandioca- Botucatu - Resumos Expandidos.

RODRIGUES, J. A. **Do engenho à biorrefinaria, a usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis**. *Química Nova*, vol. 34, n. 7, p. 1242-1254, 2011.

RODRIGUES, L. D. **A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para**

mitigação. 2010. Disponível em: <http://atividaderural.com.br/artigos/5601927a79cad.pdf>. Acesso em: 15 Mar. 2022.

RONQUIM, C. C.; FONSECA, M. F., 2018. **Avanço das áreas de cana-de-açúcar e alterações em áreas de agropecuária no interior paulista**. Campinas: Embrapa Territorial.

ROTSTEIN, J. **Conspiração contra o álcool**. Rio de Janeiro. Editora José Olympio. 1985.

SANTOS, Fernando A., et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, 2012, 35.5: 1004-1010.

SEBRAE. **O que é etanol?**. 2016. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-e-etanol,ac3d438af1c92410VgnVCM100000b277010aRCRD>. Acesso em: 19. Mar. 2022.

SILVA, J. P. N., SILVA, M. R. N. **Noções da cultura da cana-de-açúcar**. 2012. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/nocoos_cultura_cana_acucar.pdf. Acesso em: 19 Mar. 2022.

SOCCOL, C, R; et al. Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria. 1ª ed, **Blucher**, 2017, 4, 287-289.

TOMASINI, R. G. A..**O cultivo de beterraba para produção de álcool ou forragem na região sul do Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1983. 20 p.

TOWNSEND, C. R. **Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia**. Embrapa. Rondônia, nº21, nov./2000.

USDA. **Biofuels Annual – Brazil**. Departamento de agricultura dos EUA. 2020. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Sao%20Paulo%20ATO_Brazil_08-03-2020. Acesso em: 08 jul. 2022.

VAN DER MAAREL MJEC, VAN DER VEEN B, UITDEHAAG JCM, LEEMHUIS H, DIJKHUIZEN L. **Properties and applications of starch converting enzymes of the amylase family.** *J Biotechnol* v. 94, p.137–55, 2002.

WISSMANN, M.A., OYAMADA, G.C., WESENDONCK, C.C., SHIKIDA, P.F.A., 2014. **Evolução do cultivo da cana-de-açúcar na região CentroOeste do Brasil.** *Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional* 2(1), 95-117.

WORLD WATCH INSTITUTE. **State of the World** 2006 Report. World watch Institute 2006

ZANONI, P. R. S.; SCHROEDER, B. G.; HEINZ, K. G. H.; HANSEL, F. A.; TAVARES, L. B.; MAGALHÃES, W. L. E. **Produção de etanol: uma opção para aproveitamento de resíduos gerados nas indústrias de reciclagem de papel.** EMBRAPA Florestas, 25 p., 2015.