

---

**Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani**  
**Trabalho de Graduação**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”**

**FACULDADE NILO DE STÉFANI DE JABOTICABAL - SP (Fatec-JB)**

**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS**

**RECUPERAÇÃO DO ETANOL NO PROCESSO FERMENTATIVO**

**Estudo de caso em uma usina do município de Jaboticabal, Estado de São Paulo**

**REINALDO SOARES DE CARVALHO**

**ORIENTADOR: PROF. DR. LEONARDO LUCAS MADALENO**

**JABOTICABAL, S.P.**

**2023**

**REINALDO SOARES DE CARVALHO**

**RECUPERAÇÃO DO ETANOL NO PROCESSO FERMENTATIVO**  
**Estudo de caso em uma usina do município de Jaboticabal, Estado de São Paulo**

Trabalho de graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Biocombustíveis.

**Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Madaleno**

**JABOTICABAL, S.P.**

**2023**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Carvalho, Reinaldo Soares de  
RECUPERAÇÃO DO ETANOL NO PROCESSO FERMENTATIVO,  
Estudo de caso em uma usina do município de Jaboticabal, Estado de São Paulo /  
Reinaldo Soares de Carvalho. — Jaboticabal: Fatec Nilo de Stéfani, 2023.  
33 p.

Orientador: Leonardo Lucas Madaleno

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em  
Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani - Jaboticabal, Ano de  
conclusão do curso.

1. Fermentação. 2. Manutenção. 3 Produtividade. I. Madaleno, L. M.. II.  
RECUPERAÇÃO DO ETANOL NO PROCESSO FERMENTATIVO,  
Estudo de caso em uma usina do município de Jaboticabal, Estado de São Paulo.

REINALDO SOARES DE CARVALHO

## **RECUPERAÇÃO DO ETANOL NO PROCESSO FERMENTATIVO**

### **Estudo de caso em uma usina do município de Jaboticabal, Estado de São Paulo**

Trabalho de Graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Biocombustíveis.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Madaleno

**Data da apresentação e aprovação:** \_\_/\_\_/\_\_\_\_

#### **MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA**

**Presidente e Orientador: [Titulação e nome]**

**Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)**

**[Segundo membro da banca examinadora: Titulação e nome]**

**[Instituição de ensino, cidade, estado e país]**

**[Terceiro membro da banca examinadora: Titulação e nome]**

**[Instituição de ensino, cidade, estado e país]**

**Local:** Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Jaboticabal – SP – Brasil

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha gratidão a todos os professores que desempenharam um papel fundamental em minha formação acadêmica. Sou imensamente grato pela dedicação e pelo conhecimento que eles compartilharam comigo ao longo dessa jornada educacional. Além disso, gostaria de estender meus agradecimentos a todos os colegas de sala que, por meio de um trabalho em equipe mútuo, também contribuíram significativamente para o nosso progresso coletivo. A experiência de aprendizado compartilhada entre nós foi inestimável, e estou verdadeiramente grato por ter tido a oportunidade de colaborar com pessoas tão talentosas e dedicadas.

Carvalho, Reinaldo Soares de. **RECUPERAÇÃO DO ETANOL NO PROCESSO FERMENTATIVO, Estudo de caso em uma usina do município de Jaboticabal, Estado de São Paulo**. Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 33 p. 2023.

## RESUMO

O presente trabalho trata do estudo da recuperação do etanol no processo fermentativo, tendo como objetivo principal analisar os impactos da troca de uma torre de recuperação de etanol no desempenho do processo. Haja vista que o setor sucroenergético desempenha um papel fundamental na promoção de um ambiente sustentável, utilizando tecnologias avançadas responsáveis para produzir biocombustíveis renováveis a partir da cana-de-açúcar, contribuindo assim para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Para tanto, foram realizadas entrevistas com o responsável pela manutenção da torre de recuperação de etanol e acompanhado o processo de troca. A torre de recuperação de etanol é um componente crucial no processo de fermentação do etanol, sendo responsável por separar o álcool da mistura de produtos gerados pela fermentação. A troca da torre de recuperação de etanol pode afetar o desempenho do processo, visto que qualquer alteração na separação dos componentes pode afetar a qualidade e quantidade do produto final. Apesar do acompanhamento da troca da torre de recuperação de etanol e da entrevista realizada com o responsável pela manutenção, não foi possível coletar dados suficientes para uma conclusão precisa sobre os impactos da troca da torre de recuperação de etanol no processo de recuperação do etanol. Contudo, foi possível observar que a manutenção preventiva e a escolha de uma boa qualidade de equipamentos são importantes para o desempenho do processo de fermentação e recuperação do etanol. O estudo ressaltou a importância da torre de recuperação de etanol no processo de fermentação e recuperação do etanol, bem como a necessidade de manutenção preventiva e escolha de equipamentos de qualidade. Apesar da impossibilidade de coletar dados suficientes para uma conclusão precisa, espera-se que este trabalho possa contribuir para futuras pesquisas e melhorias no processo de recuperação do etanol.

**Palavras-chave:** Fermentação. Manutenção. Produtividade.

Carvalho, Reinaldo Soares de. **RECUPERAÇÃO DO ETANOL NO PROCESSO FERMENTATIVO, Estudo de caso em uma usina do município de Jaboticabal, Estado de São Paulo**. Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 33 p. 2023.

### **ABSTRACT**

This paper deals with the study of ethanol recovery in the fermentation process, aiming to analyze the impacts of replacing an ethanol recovery tower on process performance. Considering that the sugarcane sector plays a fundamental role in promoting a sustainable environment by using advanced technologies to produce renewable biofuels from sugarcane, thus contributing to the reduction of greenhouse gas emissions. To this end, interviews were conducted with the person responsible for maintaining the ethanol recovery tower, and the replacement process was monitored. The distillation column is a crucial component in the ethanol fermentation process, responsible for separating alcohol from the mixture of products generated by fermentation. Replacing the distillation column can affect process performance, as any changes in component separation can affect the quality and quantity of the final product. Despite monitoring the replacement of the distillation column and conducting an interview with the maintenance manager, it was not possible to collect sufficient data for a precise conclusion about the impacts of the column replacement on the ethanol recovery process. However, it was observed that preventive maintenance and the choice of high-quality equipment are important for the performance of the fermentation and ethanol recovery process. The study highlighted the importance of the distillation column in the fermentation and ethanol recovery process, as well as the need for preventive maintenance and the selection of quality equipment. Despite the inability to gather sufficient data for a precise conclusion, it is hoped that this work can contribute to future research and improvements in the ethanol recovery process.

**Keywords:** Fermentation. Maintenance. Productivity.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Fluxograma do processo de fabricação. ....     | 14 |
| Figura 2 – Corrosão nos equipamentos. ....                | 17 |
| Figura 3 – Equipamento desmontado .....                   | 18 |
| Figura 4 – Torre de recuperação de etanol instalada. .... | 18 |



## SUMÁRIO

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                           | <b>10</b> |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                | <b>12</b> |
| <b>2.1 A matéria-prima para o processo fermentativo.....</b>        | <b>12</b> |
| <b>2.2 A produção de Etanol.....</b>                                | <b>12</b> |
| <b>2.3 - Fermentação .....</b>                                      | <b>13</b> |
| <b>2.4 – A medida de eficiência na produção de etanol.....</b>      | <b>15</b> |
| <b>2.5 – Soluções para melhorar a eficiência da produção .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>2.6 Equipamentos utilizados para recuperação do etanol .....</b> | <b>16</b> |
| <b>2.7 Relações entre disponibilidade e produção .....</b>          | <b>19</b> |
| <b>3 OBJETIVOS .....</b>                                            | <b>20</b> |
| <b>3.1 Objetivos específicos.....</b>                               | <b>20</b> |
| <b>4 METODOLOGIA.....</b>                                           | <b>20</b> |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                              | <b>21</b> |
| <b>5.1 Primeiros Resultados.....</b>                                | <b>21</b> |
| <b>5.2 Manutenção .....</b>                                         | <b>22</b> |
| <b>5.3 Comparações após a substituição dos equipamentos .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                  | <b>26</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                            | <b>27</b> |
| <b>APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE .....</b>                    | <b>32</b> |
| <b>ANEXO 1 – Entrevista com o Responsável pela manutenção.....</b>  | <b>33</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

A busca por soluções e alternativas ao uso de energia fóssil por fontes energéticas renováveis vem se tornando parte essencial dos estudos acadêmicos, que cada vez mais traz o meio ambiente como centro na tomada de decisões tanto de empresas como de governo para melhorar sua gestão ambiental (Ferreira, 1995). Portanto, as energias renováveis se mostram ao longo prazo importante ferramenta de controle no apoio a preservação do meio ambiente, ao mesmo tempo em que auxilia na redução considerável de gases causadores do efeito estufa, sendo das principais fontes o etanol. Analisa-se que o etanol tem se mostrado alternativa eficiente do ponto de vista ecológico no qual, desde o início de sua utilização até os dias atuais, vem reduzindo as emissões de gases poluentes que prejudicam o meio ambiente. (UNICA, 2011)

Neste aspecto vale ressaltar a importância de estudos para que a produção de etanol se torne cada vez mais sustentável. A sustentabilidade produtiva de modo que se possa manter cultivo saudável da matéria-prima, com cuidados para a preservação do solo de modo a garantir que a cana-de-açúcar de adequada qualidade para a produção do etanol, mas além da escolha da matéria-prima se faz muito importante o estudo do processo produtivo até o produto final (PASCHOALINI, 2009).

Avaliar, desta forma, cada ponto do processo produtivo se torna fundamental para o desenvolvimento de estratégias e ações para que se possa cada vez mais reduzir as perdas e maximizar a eficiência de cada etapa do processo produtivo. A fabricação de etanol por vias fermentativas é a mais utilizada no mundo, sendo o Brasil um dos principais dominantes desta tecnologia. Ressalta-se, portanto a importância da fermentação que será o tópico principal deste estudo (ZANARDI, 2016)

A fermentação é etapa na qual se faz necessário ter o maior controle, sendo esta responsável diretamente pelo resultado final no processo de fabricação do etanol. Portanto cada variável é responsável direta pela quantidade obtida em litros do produto.

Para obtenção do etanol na fermentação utilizam-se microrganismos em reações químicas e biológicas com a matéria prima para a transformação e obtenção do vinho, produto do qual é obtido o etanol (Zanardi, 2016). Como parte do processo a fermentação alcoólica ocorre através da transformação de açúcares em álcool etílico ( $C_2H_6O$ ), e dióxido de carbono ( $CO_2$ ), sendo catalisado por enzimas (Pereira, 2007). Os principais agentes que

executam este processo são as leveduras, em nível citoplasmático, buscando produção final de energia, na forma de ATP, que será empregada nas funções fisiológicas e ainda para o crescimento e reprodução do micro-organismo (Castanheira, 2013).

Um ponto importante a ser mencionado deste processo é que o álcool etílico produzido apesar de se constituir somente subproduto de excreção desse processo, atua na inibição micro-organismos competidores como bactérias contaminantes (DE GÓES-FAVONI, 2018).

Neste trabalho será avaliado a recuperação do etanol no processo fermentativo, avaliando-se o rendimento do processo industrial e novas estratégias baseando-se em estudos desta etapa do processo produtivo para se obter o máximo de produção. O foco principal será a redução de perdas e otimização de recursos para a obtenção de processo cada vez mais eficaz.

Ressalta-se a importância do tema desta pesquisa, salientando que a fermentação eficiente é fundamental para produção de etanol sustentável, além de que através da busca de um processo com cada vez menos perdas consiga-se melhorar ainda mais a competitividade do produto brasileiro no cenário internacional.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A matéria-prima para o processo fermentativo

É importante salientar que a escolha da matéria-prima é fundamental para a determinação e o resultado dos estudos. No caso deste trabalho serão levados em consideração a utilização da cana-de-açúcar como a matéria-prima para produção de etanol.

O etanol não é encontrado de formas naturais, sendo, portanto necessário a obtenção por meios químicos através da manipulação ou transformação de matéria-prima (Costa, 2014). A forma mais simples de obtenção, que inclusive é tema central deste estudo é a obtenção do etanol através da fermentação das moléculas de açúcar encontradas na natureza. De maneira específica a maior fonte de produção de etanol no Brasil é a cana-de-açúcar (KOHLEPP, 2010). Vale ressaltar que a cana se destaca no meio produtivo, quando, por exemplo, comparada ao milho, sendo este a principal matéria-prima utilizada nos Estados Unidos, a cana chega a ter produtividade maior:

“O balanço energético da cana é positivo (1:3,24); para cada 1 kcal de energia consumida, para produção de etanol, há um ganho de 3,24 kcal pelo etanol produzido, além disso se produz três vezes mais álcool por área com a cana do que com o milho (ANDREOLI, 2006)

### 2.2 A produção de Etanol

Atualmente, na questão ambiental, encontra-se na produção do etanol uma das alternativas energéticas mais eficientes quando comparadas a utilização de combustíveis fósseis, já que emite 90% a menos de CO<sub>2</sub> ajudando na redução da poluição (UDOP, 2021). Assim sendo, o produto passa a ser um dos itens de interesse produtivo das usinas de cana-de-açúcar. Avaliando-se o mercado e a demanda, as usinas realizam atualmente a produção de etanol simultaneamente à fabricação de açúcar e produção de energia através da queima do bagaço de cana em suas unidades termoeletricas (Freitas, 2008) .

A preocupação ambiental é um fator de discussão recorrente dentre as empresas do ramo a Usina São Martinho localizada em Pradópolis no interior do estado de São Paulo reutiliza os resíduos provenientes do processo de produção reutilizando a vinhaça e a torda de filtro além também de exercer o uso racional da água no processo. (Policarpo et.al.

2021)

A produção de etanol depende dentre outras coisas de ambiente no qual possa ser controlado todas as variáveis que possam vir a interferir no resultado final. Dentre estes fatores, conforme demonstrado no estudo de DE GÓES-FAVONI (2018), podem-se citar: controle de PH, temperatura, presença do sulfito, além de se levar em conta o controle do nível das contaminações bacterianas, uma vez que em quantidades elevadas diminuem consideravelmente a qualidade do produto.

A matéria-prima após todos os processos iniciais da chegada às unidades produtivas até a fermentação recebe, portanto, antes da entrada nesta etapa o nome de mosto. E é na fermentação que se transforma o mosto em vinho (Nonato, 2021).

Esse processo ocorre em reatores, mais conhecidos como fermentadores, e pode ser conduzido de três formas: batelada, semi-batelada ou contínua. O produto da fermentação é denominado 'vinho' e tem uma concentração de etanol de aproximadamente 10% (dependendo da quantidade de açúcares disponíveis no mosto). O etanol é um rejeito da célula da levedura, pois, em grandes concentrações, ele se torna tóxico a ela. (ATVOS, 2022)

Dos tipos de processos de produção do etanol, a mais utilizada no Brasil se trata da fermentação por batelada. O fato ocorre devido ao maior controle microbiológico (Araujo, 2010), físico-químico, infeccioso e asséptico. (Silva, 2022)

## 2.3 - Fermentação

A fermentação é uma importante etapa no processo de produção do etanol. É fundamental que se tenha uma atenção redobrada nesta fase, que é considerada a etapa crucial da transformação do açúcar em álcool. Como se trata de uma fase microbiológica, é necessário monitorar e controlar parâmetros como acidez, temperatura e agitação, a fim de garantir que o máximo de açúcar presente no mosto seja convertido em álcool. Este controle adequado é essencial para obter um produto de qualidade e garantir a eficiência e a rentabilidade do processo de produção de etanol. (Braz, 2016)

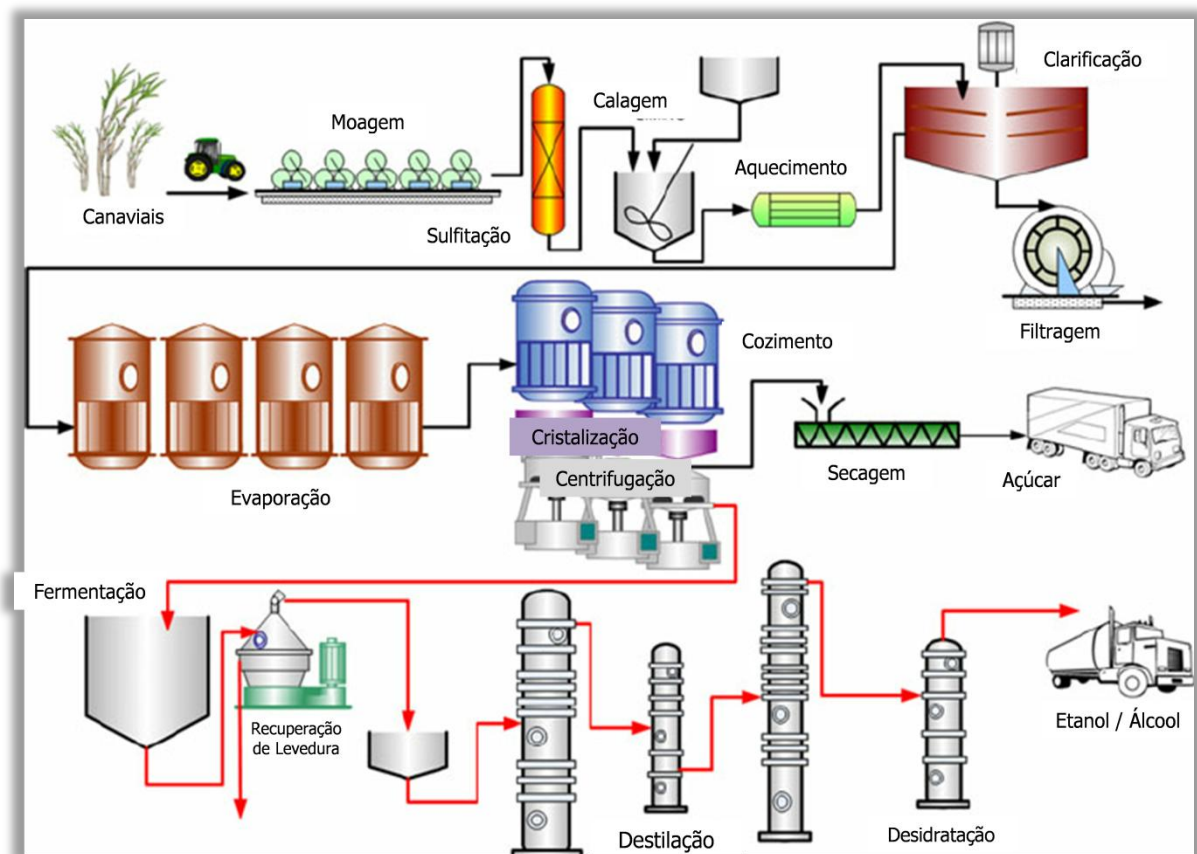
De maneira geral no processo de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, o caldo passa por uma etapa de tratamento que visa a retirada das impurezas que possam interferir na fermentação. A fermentação, que é uma etapa microbiológica, consiste na utilização de leveduras, como a *Saccharomyces cerevisiae*, para transformar o açúcar presente no caldo em álcool, resultando no mosto fermentado. Posteriormente, o mosto

fermentado é encaminhado para a torre de destilação, onde ocorre a separação dos vapores alcoólicos dos vapores de água por meio de aquecimento, produzindo assim o etanol. Essas etapas são cruciais para a obtenção de um produto final de qualidade e para garantir a eficiência e a rentabilidade do processo de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. (Braz, 2016).

Vale ressaltar que a levedura adequada passa a ser um importante ponto do processo de fabricação: “o fungo *S. cerevisiae* possui a capacidade de produção de etanol através do consumo da glicose presente no extrato bruto da cana-de-açúcar, convertendo essa glicose em piruvato e depois em etanol como produto final” (Pires, 2015). Em suma, pode se afirmar que “a fermentação é ação de leveduras sobre açúcar, levedura metaboliza açúcar, processo biológico conduzido por levedura”. (Pacheco, 2010).

O processo de fabricação pode ser observado na figura 1:

**Figura 1 – Fluxograma do processo de fabricação.**



Fonte: CBIE, 2020.

## **2.4 – A medida de eficiência na produção de etanol**

Segundo Henrique (2019), A eficiência da produção de etanol pode ser medida de diversas maneiras. Uma delas é através da informação da produção de litros de etanol por hectare, que atualmente gira em torno de 6500 a 7000 litros por hectare. Outra medida é através da produção de litros de etanol por tonelada de cana, com média atualmente de 80 l/ton. Além disso, pode-se avaliar a eficiência industrial, ou seja, qual porcentagem dos açúcares da cana estão nos produtos (hoje com média de 85% para uma usina com um mix de 50% para etanol). Por fim, pode-se avaliar a eficiência em termos da porcentagem - em massa ou em energia - daquilo que seria o máximo possível, com base teórica atual. Hoje as usinas apresentam rendimentos fermentativos que variam de 88% a 92% em massa usando a equação de Gay-Lussac.

Outra forma de avaliar a eficiência da produção de etanol é o rendimento de etanol por unidade de energia consumida, segundo Azevedo (2012), no Brasil, a produção de etanol de cana é altamente eficiente do ponto de vista energético, já que demanda um consumo muito reduzido de energia fóssil. Esse fato também contribui para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa. É possível afirmar que cada unidade de energia fóssil utilizada no processo de produção do etanol resulta em mais de oito unidades de energia renovável, valor que pode aumentar para onze unidades no futuro.

Em seu estudo Bonassa (2014) ressalta que o tempo de fermentação é uma importante medida para se avaliar a rapidez com que o processo de fermentação ocorre. Um tempo de fermentação mais curto pode aumentar a produtividade e consequentemente reduzir os custos de produção. O tempo de fermentação é um dos pontos que serão avaliados na troca de equipamentos deste estudo.

De maneira geral percebe-se que cada uma dessas medidas citadas podem ser utilizadas para avaliar a eficiência da produção de etanol ou do processo fermentativo de uma forma diferente, e pode ser adaptada às necessidades específicas de cada situação.

## **2.5 – Soluções para melhorar a eficiência da produção**

Há uma série de contramedidas que podem ser utilizadas quando a eficiência não é adequada. É necessário inicialmente identificar o problema para posteriormente implementar medidas para melhorar o processo

Um dos pontos que podem ser utilizados para aumentar a eficiência é melhorar a qualidade da matéria-prima. A escolha de matérias-primas de melhor qualidade pode aumentar a eficiência do processo de produção. Em seu estudo Raveli (2013) afirma que, “A qualidade do plantio de cana-de-açúcar deve ser observada durante a operação para que se obtenha a produtividade esperada, porém deve-se observar que quanto mais exigente em qualidade, maior o custo do plantio”.

Outro ponto de melhoria para obter resultados melhores na produção é a otimização do processo de fermentação sendo um dos principais pontos o controle da contaminação no processo sempre observando os possíveis resultados. Em seu estudo Caetano e Madaleno (2011) afirmam que: “Para controlar o problema das contaminações, podem ser utilizados antissépticos e antibióticos que atuam de forma diferente, agindo sobre um ou mais grupos de microrganismos. Porém existe a possibilidade de deixarem resíduos nos destilados.”. É importante lembrar que todas as variáveis do processo fermentativo podem ser otimizadas para melhorar a qualidade como por exemplo: ajustar as condições de temperatura, pH, oxigênio e nutrientes.

A substituição de equipamentos aliados as novas tecnologias também podem aumentar a eficiência da produção. Em seu estudo Ponce (2011), afirma que a substituição de torres de recuperação de etanol podem trazer vantagens como, por exemplo, uma menor degradação energética ao longo da estrutura e, conseqüente, aumentar a eficiência.

Em suma, verifica-se que identificar e solucionar os problemas que afetam a eficiência do processo de produção é fundamental para garantir a competitividade e sustentabilidade do setor de produção de etanol.

## **2.6 Equipamentos utilizados para recuperação do etanol**

O processo de fabricação depende da qualidade e bom funcionamento de todos os equipamentos utilizados para a fabricação do etanol. Na etapa de recuperação os principais equipamentos utilizados são: centrífugas, torre de recuperação de etanol, trocadores de calor, tanques de armazenamento e filtros.

As centrífugas são utilizadas na separação do fermento e do vinho. “Ao analisar uma centrifuga de fermento é necessário analisar a eficiência da centrifuga e a porcentagem de fermento no creme e as perdas de fermento no vinho.” (Castro, 2020). Através da centrifugação é possível fazer a separação dos fluidos e então prosseguir no processo de



fermentação.

As torre de recuperação de etanol são equipamentos compostos por diversos separadores transversais dos quais se faz possível a separação de substancias através da diferença do ponto de ebulição. Durante o estudo foi possível acompanhar a troca do equipamento.

Como pode ser verificado abaixo as separações das bandejas da torre de recuperação de etanol já encontravam-se em um grau considerável de oxidação, o que de fato influencia negativamente na obtenção de um etanol com maior qualidade.

**Figura 2 – Corrosão nos equipamentos.**



**Fonte: O Autor, 2022.**

Além disso, toda a estrutura em si do material já mostrava sinais de oxidação que podem ser observados na imagem abaixo. É importante salientar que a corrosão por oxidação podem ocasionar falhas estruturais que podem interromper e causar grandes perdas na produção de etanol. A situação do equipamento completo desmontado pode ser observado na figura 2 a seguir.

**Figura 3 – Equipamento desmontado**



**Fonte: O Autor, 2022.**

Após a instalação o equipamento novo ficou disposto como pode ser observado na fotografia abaixo.

**Figura 4 – Torre de recuperação de etanol instalada.**



**Fonte: O Autor, 2022.**

Durante todo o processo também são fundamentais o perfeito funcionamento dos tanques de armazenamento para que os produtos possam ser mantidos em condições ideais durante toda a etapa de fermentação. Tanques em boas condições e com a manutenção em dia são fundamentais para evitar que se ocorram acidentes e explosões.

## **2.7 Relações entre disponibilidade e produção**

Um dos principais pontos avaliados em processos produtivos é a disponibilidade. Define-se a disponibilidade como o tempo que o equipamento utilizado na produção está a disposição para uso (Paschoal et al, 2009). Na produção de etanol a disponibilidade está diretamente relacionada à produção, uma vez que a quantidade de tempo que o equipamento está disponível para a produção é fundamental para garantir que as metas exigidas pelo mercado sejam atingidas.

De fato ao analisar toda a cadeia produtiva do etanol desde o recebimento da matéria prima até o armazenamento do produto final, encontram-se vários pontos onde a disponibilidade é um fator indispensável para a garantia da qualidade. Apesar da tecnologia atual na fabricação de etanol é inegável que uma falha em quaisquer um dos pontos da linha de produção pode servir como um efeito cascata e gerar atrasos ou até mesmo falhas subsequentes em outros equipamentos necessários para a fabricação.

Pode se dizer que assim sendo produtividade e disponibilidade estão diretamente ligados. Se houver falhas nos equipamentos durante o processo de fabricação, a disponibilidade será reduzida e, desse modo, a produção também será afetada. Por outro lado, garantindo que os equipamentos estejam funcionando corretamente através da manutenção adequada e as atividades de manutenção preditiva (Marques e Brito, 2019), a disponibilidade será alta e a produção poderá ser maximizada. Portanto, a relação entre disponibilidade e produção é crucial para a eficiência e qualidade na produção de etanol.

## 3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o resultado da recuperação do etanol no processo fermentativo em uma unidade produtora. Aliando o estudo pratico com a pesquisa de estudos relacionados para se obter uma base teórica que traga em suma uma facilidade da demonstração dos resultados obtidos através da observação in loco.

### 3.1 Objetivos específicos

- Acompanhar o processo de fermentação em uma usina de produção de etanol.
- Detectar pontos de melhoria no processo de fabricação de etanol.
- Avaliar o desempenho e eficiência do projeto de acordo com a qualidade do equipamento.

Durante as observações para o estudo realizou-se a troca do equipamento utilizado para a recuperação do etanol na unidade de produção, estabeleceu-se então uma hipótese de que após a troca de equipamentos a eficiência e os resultados da produção sofreriam uma leve melhora.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho foi o estudo de caso envolvendo o impacto que a troca de equipamentos utilizados na fermentação do etanol pode causar no resultado final. O campo de estudo se limita ao setor de fermentação na usina de fabricação de etanol. Avaliando diretamente os resultados obtidos comparando com os resultados que o equipamento retornava antes da troca. O local escolhido como sendo uma usina de cana-de-açúcar localizada próxima a cidade de Jaboticabal é um ponto importante visto que a região tem se mostrado como um importante polo de produção de etanol há vários anos.

Além do estudo de caso, realizou-se pesquisas em artigos científicos relacionados a fermentação para relacionar os resultados com estudos recentes. Outro método utilizado para compor este trabalho foi a entrevista com colaboradores da empresa responsável pela manutenção e operação dos equipamentos utilizados para a produção de etanol.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Uma vez realizada a pesquisa seguiu-se o acompanhamento da troca de equipamentos avaliando os resultados e comparando com o desempenho prévio do equipamento. Além disso, foi realizada uma entrevista com o responsável pela manutenção para descrever o impacto da mudança no sentido da disponibilidade do equipamento. A entrevista pode ser encontrada no Anexo 1 deste trabalho. Os resultados obtidos serão descritos nos capítulos a seguir.

Vale ressaltar que nas usinas de produção de etanol, é comum observar que as equipes acabam não dando o devido valor à substituição adequada de equipamentos, preferindo adaptar aqueles já existentes, mesmo que isso resulte em uma perda significativa de eficiência. Essa prática equivocada, muitas vezes justificada pela falta de recursos financeiros ou pela resistência à mudança, acarreta uma série de problemas. Primeiramente, a adaptação de equipamentos pode comprometer a segurança operacional, uma vez que não são projetados especificamente para a função desempenhada, aumentando os riscos de falhas e acidentes. Além disso, a falta de eficiência na utilização dos equipamentos pode levar a um menor rendimento produtivo e à diminuição da qualidade do etanol obtido. É imprescindível compreender que investir na substituição adequada dos equipamentos, visando à modernização e à otimização dos processos, é um passo fundamental para garantir a competitividade do setor e a sustentabilidade da produção de etanol a longo prazo. Ignorar essa necessidade e continuar se apoiando em adaptações improvisadas é um equívoco

### **5.1 Primeiros Resultados**

Após a substituição da torre de recuperação de etanol houve a possibilidade de acompanhar o funcionamento e verificar algumas alterações em relação ao funcionamento antigo. Assim sendo pôde-se obter alguns resultados para avaliar os benefícios que a troca de equipamento propiciou.

De imediato verificou-se que o equipamento apresentava um consumo energético menor que o anterior, com o apoio dos responsáveis pela manutenção elétrica constatou-se que o consumo energético diminuiu, como também a dissipação da energia térmica no

entorno do equipamento se demonstrou de maneira controlada. A instalação adequada permitiu-se garantir uma maior eficiência econômica na operação do equipamento.

Outro ponto avaliado durante os primeiros dias de funcionamento do equipamento novo é o fato de se reduzir drasticamente as paradas para manutenção e reparos. Durante todo o tempo observado o equipamento não apresentou falhas que ocasionassem uma parada na produção de modo que esta disponibilidade maximizou a produtividade neste ponto.

De acordo com informações das análises realizadas no produto verificou-se que o mesmo apresentava uma qualidade maior. Muito se deve ao fato do equipamento antigo apresentar diversos pontos de corrosão, o que acabava por gerar impurezas que reduzia a qualidade do etanol. Assim sendo com o equipamento novo esta falha não ocorre e aumenta, portanto a qualidade do Etanol.

Outro ponto de melhoria significativa foi a questão da segurança no trabalho. O equipamento antigo já apresentava pontos de pequenos vazamentos o que poderia acarretar no risco de acidente operacional, como também risco ambiental. O equipamento novo garante, portanto uma produção mais segura e sustentável.

Em resumo, verificou-se que a substituição do equipamento trouxe diversos benefícios, incluindo a redução de custos operacionais, aumento da produtividade, melhoria na qualidade do produto e redução de riscos de acidentes. Apesar de não poder ser realizado um acompanhamento por um tempo maior para que se pudesse avaliar o desempenho no decorrer do tempo pôde-se perceber que a substituição de equipamentos pode resultar em uma produção mais eficiente e competitiva.

## **5.2 Manutenção**

A manutenção das torres de recuperação de etanol é fundamental para garantir a eficiência e a segurança do processo de destilação. Apesar de serem equipamentos novos os mesmos exigem cuidados específicos para manter sua operação contínua e confiável. Com o apoio do responsável pela manutenção coletaram-se informações para apresentar os principais aspectos envolvidos na manutenção de uma torre de recuperação de etanol, desde a identificação de possíveis problemas até a implementação de soluções e estratégias para prevenção de falhas e prolongamento da vida útil do equipamento. Rotineiramente os

cuidados são os mesmos como em qualquer outro equipamento como inspeção, limpeza, reparos, troca de peças quando necessário, testes e ajustes, além de boas práticas de operação e manutenção preventiva. Os dados a seguir foram coletados junto a uma entrevista com o mecânico responsável pela manutenção do equipamento, a entrevista encontra-se no Anexo 1 deste trabalho.

Para uma manutenção efetiva são necessários alguns cuidados na elaboração e execução do plano de trabalho. Pode se dizer que inicialmente é necessário realizar a identificação dos componentes da torre de recuperação de etanol. De modo que para se criar um plano de manutenção adequado, é necessário conhecer cada um dos componentes da torre de recuperação de etanol. Isso pode incluir bandejas, pratos, válvulas, controladores, instrumentos de medição, bombas e outros equipamentos.

Uma vez determinados os componentes realiza-se uma análise para avaliar os riscos potenciais. Nesta etapa é importante identificar os riscos potenciais que podem ocorrer durante a operação da torre de recuperação de etanol. Isso pode incluir vazamentos, obstruções, desgaste de peças, corrosão, falhas de equipamentos e outros problemas. Nesta etapa é fundamental o trabalho do mantenedor técnico, pois este está apto para identificar e avaliar estes riscos.

Após esta etapa entra em ação o PCM (planejamento e controle da manutenção). Cabe ao setor de planejamento realizar e estabelecer um cronograma de manutenção. Com base nos riscos identificados, determina-se um cronograma de manutenção para cada componente. Isso pode incluir a frequência de inspeção, limpeza, substituição de peças e outras tarefas de manutenção. Ainda nesta etapa selecionam-se os procedimentos de manutenção. Para cada componente da torre de recuperação de etanol, é importante ter procedimentos de manutenção específicos. Isso pode incluir a limpeza de bandejas, a verificação de válvulas e instrumentos de medição, a troca de peças desgastadas, entre outros. Complementando a etapa é essencial conhecer os materiais e equipamentos necessários para realizar a manutenção. Deve-se manter no plano a necessidade de cada uma das ferramentas manuais, produtos químicos de limpeza, peças de reposição, equipamentos de segurança e outros itens que são fundamentais para a plena execução da manutenção.

Outro fator importante é manter uma equipe de mantenedores capacitados para garantir uma boa manutenção. Para tanto é importante sempre manter a equipe em

treinamentos. Desta forma garante-se que a equipe responsável pela manutenção da torre de recuperação de etanol tenha o treinamento necessário para realizar as tarefas com segurança e eficiência.

Por fim pode se dizer que cabe tanto ao operador, tanto ao gestor da manutenção acompanhar o plano de manutenção. É importante acompanhar o plano de manutenção e realizar avaliações regulares para garantir que ele está sendo seguido corretamente e para fazer ajustes conforme necessário. É importante salientar que o operador não deve realizar intervenções quando não autorizado ou treinado para tal, de modo que se exponha a riscos desnecessários.

Quando a manutenção não ocorre de maneira efetiva, o produto pode apresentar falhar. Assim sendo outro aspecto abordado foram as possíveis falhas que o equipamento pode vir a apresentar no decorrer do funcionamento. Nos quais dentre as possíveis falhas destacam-se:

- Vazamentos em diferentes pontos, como nas juntas, válvulas ou conexões que podem resultar em perda de produto, contaminação ou até mesmo em riscos de segurança.
- Entupimentos dos pratos devido a impurezas ou produtos que solidificam em temperaturas mais baixas que resultam em menor eficiência de destilação ou em interrupções na produção.
- Desgaste natural dos equipamentos do equipamento que resultam em falhas de operação. Bombas, válvulas, controladores e outros equipamentos podem precisar de manutenção ou substituição.
- Corrosão que afeta a integridade estrutural do equipamento, resultando em riscos de segurança e possíveis vazamentos.
- Problemas com os sensores de temperatura ou com os controladores podem afetar a qualidade do produto e aumentar o consumo de energia.
- Contaminação que pode ocorrer devido a vazamentos, problemas de limpeza ou devido a impurezas presentes no produto resultando em produtos de qualidade inferior ou em falhas na produção.

Assim sendo ressalta-se a importância de um plano de manutenção adequado para que se possam evitar falhas e a garantir uma boa produtividade.



### 5.3 Comparações após a substituição dos equipamentos

Mesmo não sendo possível realizar um acompanhamento profundo para coleta de dados referente à troca do equipamento ainda assim foi possível através da observação verificar algumas características que apresentaram melhoria após a troca de equipamento.

Tabela 1 – Comparação Antes e após a substituição da torre de recuperação de etanol no período de 30 dias

| Equipamento Velho                        |    | Equipamento novo                         |   |
|------------------------------------------|----|------------------------------------------|---|
| Intervenções programadas                 | 3  | Intervenções programadas                 | 0 |
| Intervenções não programadas             | 1  | Intervenções não programadas             | 0 |
| Pontos de desgaste aparente na estrutura | 20 | Pontos de desgaste aparente na estrutura | 0 |

Fonte: O autor 2022

O equipamento antigo apresentava trincas provenientes da corrosão por desgaste em suas bandejas e em toda a estrutura, o que de fato compromete a eficiência da separação dos componentes do mosto fermentado. Desse modo eficiência de separação poderia ser altamente prejudicada pela formação de espuma e pela presença de impurezas, o que consequentemente acaba por reduzir a pureza do etanol produzido. Outro ponto importante a ser ressaltado é que a manutenção da torre de recuperação de etanol antiga acabava por ser mais custoso em recursos e produtividade uma vez que carecia de reparos frequentes e substituições de partes danificadas.

Após a troca do equipamento notou-se que a nova torre de recuperação de etanol pode ser mais eficiente e apresentar maior capacidade de separação de componentes, acabava por aumentar a produção de etanol por ciclo de destilação. Além do fato que a nova torre de recuperação de etanol é mais resistente à corrosão e ao desgaste, o que pode acabar por reduzir a necessidade de manutenção frequente o que, portanto resulta em um prolongamento da vida útil do mesmo. Além disso, dados iniciais apresentavam uma maior pureza no produto final após a operação.

Em suma afirma-se que a substituição de uma torre de recuperação de etanol antiga por uma nova pode trazer benefícios significativos para o processo de produção de etanol, como maior eficiência, menor necessidade de manutenção e melhoria da qualidade do produto final. Vale mencionar que resultados podem variar, além de não ser possível um acompanhamento maior dos dados após a troca o que dificultou a obtenção de mais resultados.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de não ser possível coletar dados suficientes para comparação maior entre os resultados, pôde-se verificar alguns pontos de melhoria. De imediato nota-se que a disponibilidade do equipamento aumentou consideravelmente uma vez que houve redução imediata do número de intervenções de manutenção no equipamento. Até o momento em que pôde ser observado o equipamento não teve falhas que pudessem acarretar em uma parada no processo.

De fato verificou-se que o tempo de acompanhamento e observação do funcionamento do equipamento novo não foi suficiente para uma conclusão precisa sobre o estudo. Conclui-se que há, portanto uma demanda maior no tempo de observação e coleta de dados para melhores resultados a serem avaliados. Apesar de verificar-se que de fato a substituição por equipamentos novos são fatores fundamentais para a melhoria de um processo produtivo há de se levar em conta que as condições financeiras estejam adequadas para a aquisição e instalação do mesmo.

A observação in loco propiciou a este trabalho atingir os objetivos propostos, verificando todo o processo de substituição de equipamentos ao mesmo tempo em que pôde-se também avaliar os resultados obtidos antes e após a substituição. Entretanto não foi possível realizar o acompanhamento dos resultados a longo prazo. Percebe-se também que a observação constante pode vir a resultar em informações com maior precisão além de identificar outros problemas e falhas que podem surgir durante o processo.

Em suma, a recuperação do etanol é um processo crucial no desenvolvimento de biocombustíveis sustentáveis e renováveis. Embora a pesquisa tenha enfrentado limitações na coleta de dados, os resultados obtidos até o momento apontam para a necessidade de aprimoramento das técnicas de recuperação de etanol no processo fermentativo. Estudos como esse são fundamentais para a redução da dependência de combustíveis fósseis e para a preservação do meio ambiente. Espera-se portanto que este estudo possa ser uma fonte de inspiração para futuros estudos. Como afirmou o filósofo e escritor francês Albert Camus: "No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade".

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C.; SOUZA, SP de. Cana-de-açúcar: a melhor alternativa para conversão da energia solar e fóssil em etanol. **Econ. Energia**, v. 2, n. 59, p. 27-33, 2006. Disponível em: [http://ecen.com/eee59/eee59p/cana\\_melhor\\_conversorl.htm#:~:text=PATZEK%2C%202005\).-](http://ecen.com/eee59/eee59p/cana_melhor_conversorl.htm#:~:text=PATZEK%2C%202005).-)

,O%20balanço%20energético%20da%20cana%20é%20positivo%20(1%3A3%2C,do%20q ue%20com%20o%20milho., acesso em 15 abr.2023

ATVOS (São Paulo). **Você sabe o que é a fermentação em uma usina de etanol, açúcar e energia limpa?** 2022. Disponível em: <https://atvos.com/voce-sabe-o-que-e-a-fermentacao-em-uma-usina-de-etanol-acucar-e-energia-limpa/>. Acesso em: 19 out. 2022.

BONASSA, G. et al. Otimização do processo de fermentação alcoólica para produção de etanol hidratado. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Florianópolis. 2014. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1659-18176-156101.pdf>, acesso em 01 mai. 2023

BRAZ, Ana Caroline Silva. **ESTUDO DA FERMENTAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA PARA OBTENÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO**. 2016. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Pb, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15925/1/ACSB30092019.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2023.

CAETANO, A. C. G.; MADALENO, L. L. CONTROLE DE CONTAMINANTES BACTERIANOS NA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA COM A APLICAÇÃO DE BIOCIDAS NATURAIS. **Ciência & Tecnologia**, [S. l.], v. 2, n. 1, 2011. Disponível em: <https://citec.fatecjaboticabal.edu.br/index.php/citec/article/view/63>. Acesso em: 8 maio. 2023.

CASTANHEIRA, Diogo Dias. **Estudos sobre a produção de etanol em células de Saccharomyces cerevisiae com maior atividade da enzima H<sup>+</sup> -ATPase de membrana citoplasmática**. 2013. 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biotecnologia, Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013. Disponível em: [https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2921/1/DISSERTAÇÃO\\_EstudoProduçãoEtanol.PDF](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2921/1/DISSERTAÇÃO_EstudoProduçãoEtanol.PDF). Acesso em: 20 mar. 2023.

CASTRO, B. S. *et al.* ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO DE FERMENTO NA PRODUÇÃO DE ETANOL. **Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais - Uniube - Uftm - Iftm**, Uberaba, 11 dez. 2020. Disponível em: <https://dspace.uniube.br/bitstream/123456789/1446/1/download%20%288%29.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CBIE. **Como ocorre a Produção Industrial de Álcool / Etanol?** 2020. Disponível em: <https://cbie.com.br/como-ocorre-a-producao-industrial-de-alcool-etanol/>. Acesso em: 1 maio 2023.

COSTA, Rosangela Lucio. **Produção de Hidrogênio e Etanol a partir da alga verde**. 2014. 86 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15232/1/ProducaoHidrogenioEtanol.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2023.

DE AZEVEDO, Milena Silveira; DE OLIVEIRA SANTOS, Raquel Vieira; MAGALHÃES, Thaís Valadares. Produção de etanol no Brasil. **Bolsista de Valor**, v. 2, p. 151-154, 2012. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwif1Oulw-b-AhVFrpUCHQ4DDwgQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fessentiaeditora.iff.edu.br%2Findex.php%2FBolsistaDeValor%2Farticle%2Fdownload%2F2408%2F1297&usg=AOvVaw2JSDGYa3UOsn7jmKr0OGVi>, acesso em 18 abr. 2023  
DE GÓES-FAVONI, Silvana Pedrosa et al. Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 4, p. 285-296, 2018.

FERREIRA, Aracéli Cristina de Souza. Contabilidade de custos para gestão do meio ambiente. **Caderno de Estudos**, p. 01-06, 1995. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cest/a/vNb37T4xg5ZgWBSkHnYv6Rm/?lang=pt>, acesso em: 10 abr. 2023.

FREITAS, Rogério Edivaldo; MENDONÇA, Marco Aurélio Alves de. O mercado internacional sucroalcooleiro para o Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 17, n. 3, p. 44-50, 2008. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/viewFile/417/368>, acesso em 23 abr. 2023

HENRIQUE, Alisson. **Mesmo com alta eficiência, a fermentação ainda é apontada como o grande desafio da indústria deste combustível, que busca aumento de produção aliado ao baixo custo**. 2019. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/tecnologia-industrial-etanol-busca-pela-eficiencia/>. Acesso em: 18 fev. 2023.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos avançados**, v. 24, p. 223-253, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/MNFwMJCTstYyj3nKRSD5QJ/?format=html&lang=pt>, acesso em 27 fev. 2023

MARQUES, Ana Claudia; BRITO, Jorge Nei. Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 8913-8923, 2019. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/2315>, acesso em: 08 fev. 2023

NONATO, Cristina Rezende Silva. **REDUÇÃO DE GLICEROL ENZIMÁTICO PRESENTE NA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA COM AUXÍLIO DE LEVEDURAS MODIFICADAS PARA PRODUÇÃO DE ETANOL**. 2021. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Industrial, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – Imesa e A Fundação Educacional do Município de Assis – Fema, Assis - Sp, 2021. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1711430010.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2023.

NOVACANA (Paraná) (org.). **Processos de fabricação do etanol**. 2022. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/fabricacao>. Acesso em: 10 out. 2022.

PACHECO, Thalyta Fraga. **Fermentação alcoólica com leveduras de características floculantes em reator tipo torre com escoamento ascendente**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15136/1/thalita.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

PASCHOALINI, Glauce; ALCARDE, Valmir Eduardo. **Estudo do processo fermentativo de usina sucroalcooleira e proposta para sua otimização**. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v. 16, n. 32, p. 59-68, 2009. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/cienciatecnologia/article/view/781>. Acesso em: 04 jul. 2023

PASCHOAL, D. R. et al. Disponibilidade e confiabilidade: aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade. *Revista da Engenharia de Instalações no mar da FSMA*, p. 1-14, 2009. Disponível em: [http://fsma.edu.br/EP/Artigos/REV\\_ENG\\_3\\_artigo\\_3.pdf](http://fsma.edu.br/EP/Artigos/REV_ENG_3_artigo_3.pdf), acesso em: 10 mar. 2023.

PEREIRA, Débora Sanchez et al. Obtenção do Álcool Etílico. *Revista Souza Marques*, v. 8, n. 19, p. 74-76, 2007. Disponível em: [https://revista.souzamarques.br/index.php/REVISTA\\_SOUZA\\_MARQUES/article/view/311/300](https://revista.souzamarques.br/index.php/REVISTA_SOUZA_MARQUES/article/view/311/300), acesso em 15 abr. 2023.

PIRES, Mariana Rezende; PEIXOTO, Pedro Gomes; OLIVEIRA, Renato Ventresqui. **Fermentação alcoólica: proposta do ensino das vias bioquímicas através da destilação fracionada**. *Eclética Química*, v. 40, p. 166-172, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/429/42955129017.pdf>, acesso em 08 fev. 2023.

POLICARPO, Linnek Keven Araújo; FONTGALLAND, Isabel Lausanne. **Produção Agroindustrial e Sustentabilidade: um estudo de caso sobre a companhia sucroenergética São Martinho**. *E-Acadêmica*, v. 2, n. 3, p. e192360-e192360, 2021.

PONCE, Gustavo Henrique Santos Florês. **ESTUDO DE NOVA CONFIGURAÇÃO DE COLUNAS DE DESTILAÇÃO AUMENTANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**. 2011. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em:

<https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=475741>. Acesso em: 18 mar. 2023.

RAVELI, Marcelo Boamorte. **CONTROLE DE QUALIDADE NO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR**. 2013. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Unesp, Jaboticabal, 2013. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88221/raveli\\_mb\\_me\\_jabo.pdf?sequencia=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88221/raveli_mb_me_jabo.pdf?sequencia=1). Acesso em: 23 fev. 2023.

SANTOS, Felipe Alves dos. **CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DE COLUNA DE DESTILAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE ETANOL**. 2017. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade de Uberaba, Uberaba-Mg, 2017. Disponível em: <https://dspace.uniube.br/bitstream/123456789/431/1/TCC%20-%20Felipe%20Alves%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2023.

SILVA, Jouciane de Souza. Processo fermentativo para produção de etanol utilizando glicerol bruto como substrato. **Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza. 2010. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/15771/1/2010\\_dis\\_jssilva.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/15771/1/2010_dis_jssilva.pdf). Acesso em 15 out. 2022.

TEÓFILO, Lucas da Costa. **OPORTUNIDADES PARA AUMENTO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS ROTAS DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR**. 2021. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=552174> . Acesso em: 15 abr. 2023.

UDOP, União Nacional da Bioenergia. **Etanol: aliado do meio ambiente**. 2021. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2021/12/15/etanol-aliado-do-meio-ambiente.html#:~:text=O%20etanol%20é%20importante%20para,uso%20mais%20intenso%20do%20etanol..> Acesso em: 15 abr. 2023.

ÚNICA, UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR E BIOENERGIA (Brasil). **Etanol reduz emissões no Brasil equivalente a soma de 5 países**. 2021. Disponível em: <https://unica.com.br/noticias/etanol-reduz-emissoes-no-brasil-equivalente-a-soma-de-5-paises/>. Acesso em: 10 out. 2022.

ZANARDI, Mayara dos Santos; DA COSTA JUNIOR, Esly Ferreira. Tecnologia e perspectiva da produção de etanol no Brasil. **Revista Liberato**, v. 17, n. 27, p. 19-34, 2016. Disponível em: <http://old.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/390/247>, acesso em: 12 abr. 2023.

## APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE

Eu, Reinaldo Soares de Carvalho RG ●●●●●●●● CPF ●●●●●●●●, aluno regularmente matriculado no **Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis** da Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), declaro que meu trabalho de graduação intitulado Logística Reversa de Medicamentos no Município de Jaboticabal é **ORIGINAL**.

Declaro que recebi orientação sobre as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que tenho conhecimento sobre as Normas do Trabalho de Graduação da Fatec-JB e que fui orientado sobre a questão do plágio.

Portanto, estou ciente das consequências legais cabíveis em caso de detectado PLÁGIO (Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais, publicada no D.O.U. de 20 de fevereiro de 1998, Seção I, pág. 3) e assumo integralmente quaisquer tipos de consequências, em quaisquer âmbitos, oriundas de meu Trabalho de Graduação, objeto desse termo de originalidade.

Jaboticabal/SP, 14 de junho de 2023.

Nome



## **ANEXO 1 – Entrevista com o Responsável pela manutenção**

Abaixo segue a transcrição da entrevista com o responsável pela manutenção da coluna de destilação.

1 – Após a substituição do equipamento porque a manutenção é importante?

Resposta: Com uma manutenção efetiva você consegue garantir que o equipamento estará sempre disponível para o uso, associando a disponibilidade com a produtividade e assim melhorar os resultados da fabricação, por isso é importante ter um plano de manutenção pra cada um dos equipamentos.

2 – Quais pontos são necessários avaliar para a elaboração de um plano de manutenção?

Resposta: Basicamente são dois os principais pontos na hora de avaliar o plano de manutenção: identificar todos os componentes nesse caso, os componentes da coluna, aí avalia os pratos, bandejas, válvulas, instrumentos e sensores, é como se fosse avaliando no geral toda a equipe de manutenção mecânica, instrumentista e elétrica. E o principal é a segurança tudo tem que ser avaliado para que não haja riscos na manutenção, partindo sempre do princípio que se não for seguro, não se deve fazer. Depois o PCM elabora o plano de manutenção com o cronograma específico para cada tarefa.

3 – Qual a importância do cronograma da manutenção?

Resposta: O cronograma vai estabelecer os prazos para a frequência de inspeção, limpeza, substituição de peças e outras tarefas de manutenção. O tempo é definido com o PCM junto ao mantenedor que determina a ação e os procedimentos para a intervenção no equipamento.

4 – O que determina a ação do mantenedor

Resposta: O mantenedor vai ser responsável por selecionar os procedimentos de manutenção. Para cada componente da coluna de destilação, é importante ter procedimentos de manutenção específicos. Isso vai desde a limpeza de bandejas, a verificação de válvulas e instrumentos de medição, a troca de peças desgastadas. E cabe dele selecionar os materiais para realizar a manutenção, sempre usando dos materiais e equipamentos certos.

5 – qual outro ponto você considera importante para garantir uma boa disponibilidade do equipamento?

Resposta: Com certeza treinar a equipe. Tanto os responsáveis pela manutenção tanto o operador tem que estar qualificado, se vem um equipamento novo, chama o fabricante pra dar um treinamento pro pessoal. E assim todos sempre atentos e acompanhando o plano de manutenção.

6 – você disse acompanhar o plano de manutenção por que isso é importante?

Resposta: é importante acompanhar, avaliar diariamente para garantir que ele está sendo seguido corretamente e para fazer ajustes sempre que for preciso.

7 – O que acontece quando não se segue o plano de manutenção?

Resposta: Inevitavelmente, vão surgir as falhas, aí é onde o equipamento para, a produção para, e depois é necessário as intervenções de emergência e urgência pro equipamento voltar a funcionar. O problema é que essas falhas quando acontece assim, pode diminuir a vida útil do equipamento.

8 – Quais falhas geralmente são encontradas durante a vida útil do equipamento?

Resposta: Resumindo vazamentos na coluna, entupimento nos pratos, bomba ou válvula desgastada, a própria corrosão do equipamento é uma falha, falha nos sensores, são as mais comuns.

9 – E quais os riscos a produção que essas falhas trazem?

Resposta: Os principais vão ser sempre risco de segurança pro operador, pro pessoal que trabalha no local, e depois a contaminação do produto, o que vai diminuir a qualidade do produto final.

10 – Qual sua recomendação para evitar as falhas?

Resposta: Para evitar essas falhas, é importante seguir sempre o plano de manutenção preventiva e preditiva adequado e o principal garantir que a equipe responsável pela operação e manutenção da coluna esteja treinada e qualificada pra identificar previamente possíveis riscos de falha.