
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

**CAUSAS DAS PERDAS INDUSTRIAIS DO ETANOL NA DEGASAGEM DOS
CONDENSADORES**

GIOVANNA CAMILLO DEL VECCHIO

PROF.(A) ORIENTADOR(A): DR. LEONARDO LUCAS MADALENO

JABOTICABAL, S.P.

2023

GIOVANNA CAMILLO DEL VECCHIO

**CAUSAS DAS PERDAS INDUSTRIAIS DO ETANOL NA DEGASAGEM DOS
CONDENSADORES**

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 Tecnóloga 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.

Del Vecchio, Giovanna Camillo

Recuperação do etanol na degasagem dos condensadores / Giovanna Camillo
Del Vecchio. - Jaboticabal: Fatec Nilo de Stéfani, 2023.
xvp.

Orientador: Leonardo Lucas Madaleno

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em,
14/06/2023. Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani - Jaboticabal, 2023.

1. Processos industriais. 2. Eficiência. 3. Biocombustíveis. 4. Perda.

I. Madaleno, L. L. II. Causas das perdas industriais do etanol na degasagem
dos condensadores.

GIOVANNA CAMILLO DEL VECCHIO

**CAUSAS DAS PERDAS INDUSTRIAIS DO ETANOL NA DEGASAGEM DOS
CONDENSADORES**

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 Tecnóloga em Biocombustíveis

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Madaleno

Data da apresentação e aprovação: 14/06/2023.

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Madaleno
Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Segundo membro da banca examinadora: Prof. Alan Chesna Vidal
Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Terceiro membro da banca examinadora: Prof. Camila Carla Guimarães
Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Local: Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)
Jaboticabal – SP – Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço de coração a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Sem o apoio e a colaboração de vocês, certamente não teria sido possível alcançar esse objetivo.

Primeiramente, gostaria de expressar minha gratidão ao meu orientador Leonardo, pela orientação, paciência e pelos ensinamentos transmitidos ao longo desse processo. Sua expertise e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, e sou imensamente grata por todo o suporte oferecido.

Também quero agradecer à banca avaliadora por dedicar seu tempo e conhecimento para avaliar meu trabalho. Agradeço pelos comentários, sugestões e contribuições, que certamente contribuíram para o aprimoramento deste estudo.

Não posso deixar de mencionar meus colegas de turma e amigos, que estiveram ao meu lado durante toda a jornada acadêmica. Agradeço por compartilharmos experiências, por trocarmos conhecimentos e por nos apoiarmos mutuamente ao longo desse percurso desafiador.

Agradeço também aos professores e demais funcionários da instituição de ensino, que proporcionaram um ambiente propício para o aprendizado e crescimento pessoal. Sua dedicação em transmitir conhecimento e incentivar o desenvolvimento dos alunos é inestimável.

Por fim, mas não menos importante, quero expressar minha gratidão à minha família e amigos próximos, que estiveram ao meu lado durante toda essa jornada. Seu apoio incondicional, encorajamento e compreensão foram essenciais para superar os desafios e obstáculos ao longo do caminho.

A todos vocês, meu sincero agradecimento. Sei que este trabalho é resultado do esforço coletivo e da contribuição de cada um de vocês. Sou imensamente grata por fazerem parte da minha jornada acadêmica e por tornarem este momento ainda mais especial.

DEL VECCHIO, Giovanna Camillo. **Causas das perdas industriais do etanol na degasagem dos condensadores**. Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 38 p. 2023.

RESUMO

A perda de etanol na degasagem dos condensadores é um problema significativo na indústria de produção de etanol. Este estudo tem como objetivo analisar as causas dessas perdas industriais. Através de uma revisão bibliográfica, foram identificados vários fatores que contribuem para a perda de etanol durante o processo de degasagem. Entre esses fatores, destacam-se a temperatura, pressão, composição da mistura, eficiência do condensador, velocidade de destilação e nível de refluxo. A temperatura desempenha um papel crucial na volatilidade do etanol, e altas temperaturas podem aumentar sua taxa de evaporação durante a degasagem, resultando em perdas significativas. A pressão também influencia as propriedades de volatilidade dos componentes, afetando a eficiência da separação do etanol durante a destilação. Além disso, a composição da mistura, especialmente a presença de impurezas e água, pode comprometer a eficiência do processo de destilação, levando a perdas consideráveis de etanol na degasagem. A eficiência do condensador em resfriar e condensar os vapores de etanol também é um fator determinante, uma vez que um condensador inadequado pode resultar em perdas substanciais. A velocidade de destilação e o nível de refluxo também desempenham um papel na perda de etanol. Altas taxas de destilação podem causar o arraste de líquidos, incluindo o etanol, resultando em maiores perdas durante a degasagem. É importante ressaltar que as informações apresentadas são baseadas em uma revisão bibliográfica e não foram acompanhadas por resultados empíricos específicos que quantifiquem a magnitude desses efeitos. Em conclusão, este trabalho destacou a importância de estratégias e tecnologias para otimizar a recuperação do etanol na degasagem dos condensadores. A implementação dessas melhorias pode reduzir as perdas de etanol, aumentar a rentabilidade e promover a sustentabilidade da indústria de produção de etanol. São necessárias pesquisas e desenvolvimento contínuos para alcançar retornos econômicos favoráveis e diminuir os custos envolvidos. Essas melhorias tecnológicas são fundamentais para alcançar uma recuperação eficiente do etanol, proporcionando benefícios econômicos.

Palavras-chave: Processos industriais. Eficiência. Biocombustíveis. Perda.

DEL VECCHIO, Giovanna Camillo. Recuperação do etanol na degasagem dos condensadores. Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 38 p. 2023.

ABSTRACT

Loss of ethanol during condenser degassing is a significant issue in the ethanol production industry. This study aims to analyze the causes of these industrial losses. Through a literature review, several factors contributing to ethanol loss during the degassing process have been identified. Key factors include temperature, pressure, mixture composition, condenser efficiency, distillation rate, and reflux level. Temperature plays a crucial role in ethanol volatility, and high temperatures can increase its evaporation rate during degassing, resulting in significant losses. Pressure also influences the volatility properties of components, affecting ethanol separation efficiency during distillation. Furthermore, the composition of the mixture, particularly the presence of impurities and water, can compromise the efficiency of the distillation process, leading to considerable ethanol losses during degassing. The condenser's efficiency in cooling and condensing ethanol vapors is also a determining factor, as an inadequate condenser can result in substantial losses. Distillation rate and reflux level also contribute to ethanol loss. High distillation rates can cause liquid carryover, including ethanol, resulting in greater losses during degassing. It is important to note that the presented information is based on a literature review and has not been accompanied by specific empirical results quantifying the magnitude of these effects. In conclusion, this study emphasizes the importance of strategies and technologies to optimize ethanol recovery during condenser degassing. Implementing these improvements can reduce ethanol losses, increase profitability, and promote sustainability in the ethanol production industry. Continuous research and development are necessary to achieve favorable economic returns and reduce associated costs. These technological advancements are fundamental to achieving efficient ethanol recovery, providing economic benefits.

Keywords: Industrial processes. Efficiency. Biofuels. Loss.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Fluxograma de produção de açúcar e etanol	21
1		
2.		
	Esquema do processo de produção de etanol hidratado	26

LISTA DE TABELAS

	Tabela		
1		Produção de etanol total no Brasil, safra 2020/2021	18
2		Compostos eliminados na degasagem dos condensadores	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Fatec-JB	Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 MERCADO DA PRODUÇÃO DE ETANOL	17
2.2 PROCESSO DA PRODUÇÃO DE ETANOL	19
2.2.1 RECEPÇÃO E PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	21
2.2.2 EXTRAÇÃO DO CALDO	22
2.2.3 TRATAMENTO DO CALDO	23
2.2.4 PREPARO DO MOSTO E DO FERMENTO	23
2.2.5 FERMENTAÇÃO.....	24
2.2.6 DESTILAÇÃO	25
2.2.6.1 DEGASAGEM EM COLUNAS DE DESTILAÇÃO	28
3. ANÁLISE DOS PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A RECUPERAÇÃO DO ETANOL NA DEGASAGEM DOS CONDENSADORES.....	29
4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE RECUPERAÇÃO DO ETANOL	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS.....	33
APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE	38
ANEXO A – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA/LABORATÓRIO ETC.....	39

1 INTRODUÇÃO

Os biocombustíveis têm se destacado como alternativa promissora aos combustíveis fósseis, devido à origem renovável e potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Dentre os biocombustíveis, o etanol tem se mostrado opção viável, sendo amplamente utilizado como aditivo à gasolina e como combustível puro em veículos flexfuel.

Além da origem renovável, o etanol apresenta papel crucial na redução das emissões de gases de efeito estufa e na busca por alternativas mais sustentáveis no setor de transporte. Como biocombustível, o etanol possui baixa emissão de poluentes e contribui para a mitigação das mudanças climáticas, sendo alternativa viável aos combustíveis fósseis. Além disso, a produção de etanol a partir de fontes como a cana-de-açúcar tem impacto econômico significativo, impulsionando a indústria e gerando empregos em países como o Brasil, que se destaca na produção e exportação desse biocombustível (VIANNA, DUARTE e WERHMANN, 2009).

O processo de produção do etanol envolve diversas etapas, sendo a destilação uma das mais importantes para a obtenção de um produto final de alta pureza. A destilação do etanol consiste em separar o composto alcoólico dos demais componentes presentes na mistura, como água, impurezas e outros compostos orgânicos (CASTRO, 2013). Esse processo baseia-se na diferença de volatilidade entre os componentes, aproveitando o fato de que o etanol possui ponto de ebulição inferior ao da água e de outros compostos secundários (RIZZON E MENEGUZO, 2009).

Durante a destilação, a mistura é aquecida, gerando vapor que é condensado e coletado, resultando em líquido enriquecido em etanol. Esse líquido passa por um processo de retificação, no qual ocorre uma série de destilações para obter produto final com alto teor alcoólico, em torno de 97%v/v, chamado de etanol hidratado. No entanto, durante a destilação, a degasagem nos condensadores promove uma perda significativa de etanol, o que ressalta a importância de explorar estratégias e tecnologias que visem a recuperação eficiente desse biocombustível tão valioso, no equipamento da destilação.

O condensador industrial é resfriado com o uso da água, sendo que o vapor que sai da última bandeja da coluna se resfria sem contato direto com o refrigerante e condensa. Porém, os gases da fermentação, como CO₂, SO₂, NH₃ e outros não se condensam e precisam ser eliminados do equipamento. A trombeta, responsável pela eliminação dos gases fica ao lado do equipamento. Porém, quando os gases são expelidos, parte do etanol que não se transformou em líquido poderá se perder (ZARPELON, 2020).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é investigar e identificar as causas das perdas industriais de etanol na degasagem dos condensadores das colunas de destilação. Por meio de uma análise aprofundada, pretende-se identificar as principais razões para a perda de etanol durante esse processo fundamental na produção de etanol, visando maximizar a rentabilidade da indústria de biocombustíveis. Além disso, será utilizada uma metodologia baseada em revisões bibliográficas para fundamentar a pesquisa. O conhecimento dessas causas permitirá o desenvolvimento de estratégias e tecnologias mais eficientes para otimizar a recuperação de etanol e reduzir as perdas industriais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MERCADO DA PRODUÇÃO DE ETANOL

A demanda global de etanol é influenciada pela demanda por energia, políticas públicas e preocupações ambientais. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), o etanol desempenha papel cada vez mais importante no suprimento de combustíveis para o transporte em diversos países, impulsionado por metas de redução de emissões de gases de efeito estufa e pela busca por fontes de energia renovável (IEA, 2022).

De acordo com a OCDE/FAO (2021), a demanda mundial por biocombustíveis está diretamente relacionada à implementação de políticas públicas, como a adoção de misturas obrigatórias, sistemas de tributação diferenciada e subsídios. O Brasil se destaca como o único país do mundo em que o uso de biocombustíveis representa mais de 10% da demanda de energia para transportes (VIDAL, 2021).

Os Estados Unidos são os maiores produtores de etanol do mundo, responsáveis por 54,9% da produção global e também os principais exportadores do produto. Os principais mercados para o etanol americano em 2021 foram o Canadá, a Índia, a Coreia do Sul e a China, países que têm demonstrado interesse em adquirir etanol dos Estados Unidos, impulsionando o comércio internacional do produto (RFA, 2021).

É importante ressaltar que a demanda global por etanol está sujeita a influências econômicas, políticas e ambientais. A implementação de políticas públicas favoráveis, o avanço tecnológico na produção de biocombustíveis e a busca por alternativas mais sustentáveis aos combustíveis fósseis são fatores que impactam diretamente o mercado global de etanol (VIDAL, 2022).

O Brasil se destaca como um dos principais produtores e consumidores de etanol no mundo. A produção de etanol no país é baseada principalmente na cana-de-açúcar, que é cultivada em larga escala. Segundo informações divulgadas pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) em seu 4º Levantamento sobre a cultura da cana-de-açúcar, a safra 2022/23 está estimada em 610,1 milhões de toneladas. Esse número representa um crescimento de 5,4% em relação à temporada anterior. A Conab (2023), aponta que esse aumento na produção é resultado da recuperação das produtividades nos principais estados produtores, impulsionada por um clima mais favorável durante esse ciclo. Apesar de uma redução na área colhida em comparação com a safra anterior, a melhora na produtividade compensou essa diminuição. Esses dados indicam um cenário promissor para a produção de cana-de-açúcar no Brasil, com um aumento significativo em relação à safra anterior. Essa informação é fundamental para o planejamento e monitoramento do abastecimento do mercado interno e externo, além de ser relevante para o setor sucroenergético como um todo (CONAB, 2023).

O etanol desempenha papel estratégico na matriz energética brasileira, contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis e para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, o país possui frota considerável de veículos flexfuel, capazes de utilizar etanol e gasolina como combustíveis (ANP, 2022).

No Brasil, o estado de São Paulo se destaca como o principal produtor de etanol, conforme ilustrado na Tabela 1. Essa região concentra significativa quantidade de usinas de produção de etanol, que utilizam a cana-de-açúcar como matéria-prima. A produção de etanol em São Paulo desempenha papel fundamental na atividade econômica, gerando empregos e contribuindo para o desenvolvimento regional. Além disso, o estado tem investido em tecnologias e práticas sustentáveis na produção de etanol, com o objetivo de aumentar a eficiência energética e reduzir os impactos ambientais (UNICA, 2022).

Tabela 1- Produção de etanol total no Brasil, safra 2020/2021

Estado/Safra	2020/2021
Acre	0
Alagoas	424
Amazonas	9
Bahia	274
Ceará	0
Espírito Santo	111

Goiás	5.241
Maranhão	178
Mato Grosso	3.326
Mato Grosso do Sul	2.864
Minas Gerais	3.059
Pará	50
Paraíba	406
Paraná	1.261
Pernambuco	358
Piauí	39
Rio de Janeiro	74
Rio Grande do Norte	118
Rio Grande do Sul	0
Rondônia	0
Santa Catarina	0
São Paulo	14.426
Sergipe	108
Tocantins	176
Região Centro-Sul	30.363
Região Norte-Nordeste	2.140
Brasil	32.503

Fonte: UNICA (2022).

As perspectivas futuras para o etanol no mundo são promissoras, impulsionadas pela necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e pela busca por fontes de energia mais limpas e renováveis. Embora a expansão do mercado de veículos elétricos e híbridos possa impactar a demanda por etanol, o biocombustível ainda possui vantagens em termos de infraestrutura de distribuição e custo em comparação com outros combustíveis alternativos. Além disso, avanços tecnológicos estão impulsionando a produção de etanol segunda geração celulósico, que utiliza resíduos agrícolas e florestais como matéria-prima, ampliando as perspectivas de produção sustentável (IEA, 2022).

2.2 PROCESSO DA PRODUÇÃO DE ETANOL

O etanol, também conhecido como álcool, é amplamente utilizado como combustível para veículos e também tem aplicações na fabricação de produtos farmacêuticos, cosméticos e bebidas. A produção do biocombustível envolve diferentes métodos, sendo a fermentação de açúcares a forma mais comum e conhecida. A sacarose, glicose e frutose, presentes em vegetais como milho, beterraba e cana-de-açúcar, são exemplos de açúcares utilizados na produção de etanol (COPERSUCAR, 2018).

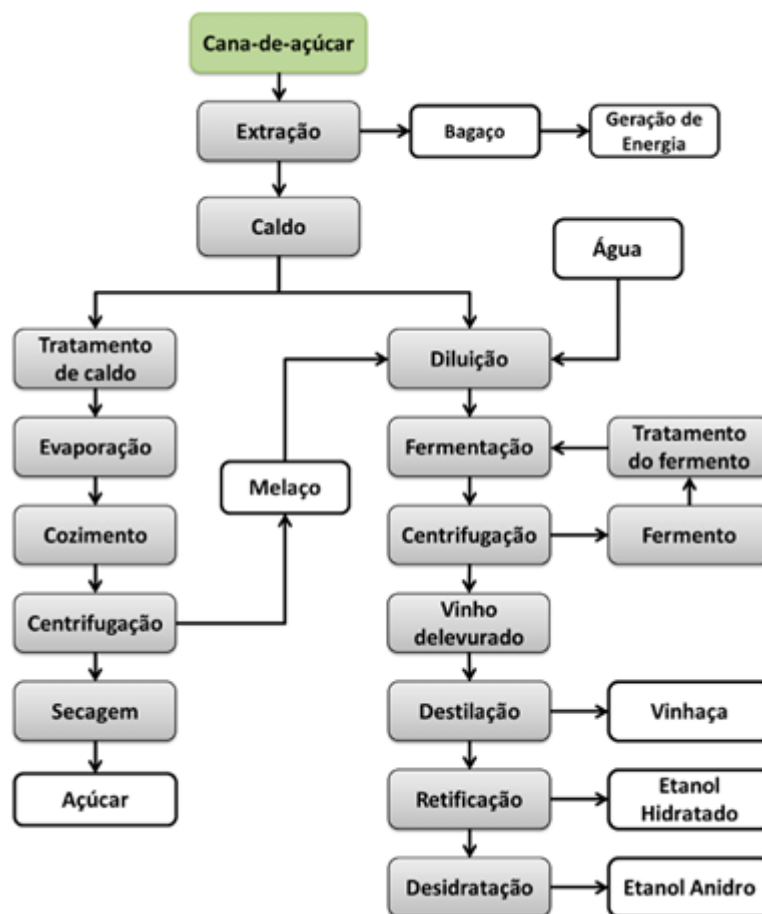
Existem duas formas de utilização do etanol: etanol hidratado com até 97%v/v, e o etanol anidro, que é misturado na gasolina (ZARPELON, 2020). Ao adotar o etanol como combustível, é possível obter benefícios significativos em termos de preservação ambiental e melhoria da qualidade do ar, devido à redução das emissões de gases que contribuem para o efeito estufa. Em comparação com a gasolina, o etanol apresenta redução de até 90% nas emissões de CO₂, tornando-se uma opção mais sustentável e ecologicamente favorável (UNICA, 2022).

No processo de produção do etanol no Brasil, a sacarose proveniente da cana-de-açúcar, na forma de caldo de cana e melaço, é utilizada como substrato para fermentação. Essa fermentação é realizada pela ação de células de *Saccharomyces cerevisiae*, que são reutilizadas ao longo de toda a safra (BATISTOTE et al., 2010).

Conforme Nunes (2017), o processo de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar envolve diversas etapas, como a extração do caldo da cana, o tratamento químico para remoção de impurezas, a filtração para obtenção de um líquido mais limpo, preparo do mosto, a fermentação do caldo filtrado para transformar os açúcares em etanol e a destilação para purificar o produto final. Geralmente, a indústria também possui a fábrica de açúcar (melaço) e quando somente há produção de etanol, a usina é chamada de destilaria.

O processo de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar pode ser dividido em diversas etapas. Na Figura 1 a seguir, é apresentado um fluxograma simplificado que ilustra esse processo.

Figura 1- Fluxograma da Produção de Açúcar e Etanol



Fonte- SANTOS *et al*, 2021.

2.2.1 RECEPÇÃO E PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A etapa de recebimento da matéria-prima para a produção do etanol é essencial no processo de fabricação. Nessa etapa, a cana-de-açúcar é recebida na fábrica e passa por diversas etapas de preparo para garantir a qualidade e a eficiência da extração do caldo.

De acordo com Silva (2016), a cana recebida é amostrada aleatoriamente para avaliar a qualidade, como teor de sacarose, fibra e pureza do caldo. Em seguida, a cana é submetida a processos de limpeza e abertura das células, a fim de extrair o caldo com o mínimo de perda de açúcares.

Durante o processo de preparo, a cana colhida inteira passa por lavagem na mesa de recepção, enquanto a cana picada não pode ser lavada devido às altas perdas de sacarose. Algumas usinas estão adotando o sistema de limpeza a seco, utilizando jatos de ar sobre a cana (SAMPAIO E ALVES, 2011).

A cana é transportada por esteiras até os equipamentos de preparo, onde facas rotativas picam a cana e/ou nivelam a camada de cana na esteira. O desfibrador, composto por rotor com

martelos oscilantes e uma placa desfibradora, pulveriza a cana e abre as células que contêm os açúcares, facilitando a extração pelo processo de moagem (SAMPAIO E ALVES, 2011)

Após o desfibrador, a altura do colchão de cana é uniformizada por um equipamento chamado espalhador. A cana desfibrada é transportada por esteira de borracha de alta velocidade até a calha de alimentação forçada da moenda. A quantidade de cana na calha é controlada pelo nível da cana, garantindo o fluxo adequado para a moenda (PEREIRA, 2015).

É importante ressaltar que o processo de extração dos açúcares da cana pode ser feito por moagem ou difusão. No entanto, o processo de difusão é pouco utilizado no Brasil (NOVA CANA, 2023).

Portanto, a etapa de recebimento da matéria-prima para a produção do etanol envolve amostragem, limpeza, abertura das células, picagem, desfibração e controle do fluxo de cana para a moenda, visando a eficiência na extração do caldo.

2.2.2 EXTRAÇÃO DO CALDO

A extração do caldo da cana-de-açúcar é realizada por meio de dois processos principais: moagem e difusão. Segundo Lara (2018), esses processos consistem na separação física da fibra (bagaço) do caldo. A moagem é alcançada pela aplicação de pressão mecânica dos rolos da moenda sobre a camada de cana previamente desfibrada.

Conforme Lopes (2017), durante a moagem, a cana desfibrada passa por conjuntos de rolos, formando ternos de moenda, onde ocorrem compressões entre os cilindros para obter o caldo primário.

Em relação à difusão, a sacarose adsorvida às fibras da cana é diluída e removida por meio de lixiviação ou lavagem em um sistema de contracorrente, conforme. Segundo Gimenez, Franzé e Madaleno (2016), os difusores apresentam dificuldades na extração do caldo quando a matéria-prima possui alto teor de impurezas.

No que se refere à eficiência de extração, o uso de difusores proporciona uma eficiência em torno de 98%, enquanto a moagem alcança cerca de 96%. Além disso, os difusores têm vantagens como baixo custo de manutenção, baixo consumo de energia, obtenção de caldos mais puros, alta extração de sacarose e menor desgaste. No entanto, a qualidade inferior do bagaço transportado pelos difusores demanda uma limpeza mais frequente das caldeiras (Embrapa, 2022a).

Dessa forma, a escolha entre moagem e difusão depende de diversos fatores, como as características da matéria-prima e as necessidades da indústria de açúcar e etanol. É essencial

compreender profundamente esses processos e suas particularidades para otimizar a produção e obter melhores resultados na indústria sucroenergética.

2.2.3 TRATAMENTO DO CALDO

Após a extração do caldo, é necessário realizar tratamento para remover as impurezas presentes. Esse processo envolve diversas etapas. Inicialmente, é feita a utilização de peneiras para remover os sólidos em suspensão como areia e bagacilhos. Em seguida, ocorre a sedimentação, que tem como objetivo remover os sólidos remanescentes e as impurezas coloidais. Nessa etapa, são empregados métodos de coagulação ou floculação para facilitar a separação das impurezas solubilizadas no caldo (COSTA, 2019).

Para isto é empregado o tratamento brando, com uso de leite de cal para elevar o pH do caldo para 6,0. Em seguida, há o Aquecimento do caldo tratado. Essa etapa desempenha papel importante na melhoria das características do caldo, como a transparência e capacidade de fermentação. Além disso, o aquecimento contribui para a redução da formação de espuma e minimiza a contaminação nas colunas de destilação.

No decantador, é adicionado polímero aniônico e o caldo aquecido, que sofreu degasagem no balão de flash. São formadas duas fases no aparelho. Uma mais densa (lodo), que sedimenta e outra menos densa e clara (caldo clarificado). O caldo clarificado segue para as próximas etapas, enquanto o lodo passa por filtração para recuperação de sacarose. O líquido escuro filtrado retorna ao processo, enquanto o resíduo do filtro, a torta é encaminhada para o campo de compostagem (LARA, 2018).

Após passar por esse processo de clarificação e aquecimento, o caldo é resfriado e direcionado para o preparo do mosto. Essas etapas de tratamento do caldo são fundamentais para garantir a qualidade do produto final e contribuir para um processo de produção de etanol eficiente.

2.2.4 PREPARO DO MOSTO E DO FERMENTO

O preparo do mosto é operação importante na produção do etanol, pois o objetivo é corrigir a concentração dos açúcares, pH, nutrientes, contaminantes, para que a fermentação ocorra de modo a atingir maior eficiência (OLIVEIRA et al., 2006).

Nesta etapa na correção da concentração dos açúcares é que o resíduo da produção de açúcar, o melaço entra como fonte de sacarose (ZOHRI et al., 2022). Como o melaço tem concentração elevada deverá passar por diluição, com uso de caldo ou água tratada. A

concentração de açúcares é medida pelos sólidos solúveis (°Brix), que se situa entre 18 a 26 (REBELATO et al., 2019).

O pH é reduzido a 4,5 com adição do fermento na fermentação, enquanto os nutrientes devem ser repostos caso se utilize mosto de melaço, removidos no tratamento do caldo na produção de açúcar. Os principais nutrientes corrigidos com adubos que contêm nitrogênio e fósforo (DE SOUZA et al., 2015).

A contaminação bacteriana deverá ser controlada para níveis baixos para não comprometer o processo fermentativo (BREXÓ; SANT'ANA, 2017). Uma vez preparado, o mosto segue para o processo fermentativo.

Para o preparo do fermento, a levedura selecionada é suspensa em líquido com concentração de açúcar baixo para que ocorra aumento da concentração de biomassa. Na quantidade exigida é encaminhada para a fermentação do mosto. Após o término da fermentação, o vinho é encaminhado para as centrífugas para separação do fermento do líquido alcoólico, que seguirá para a destilação (HOANG; NGHIEM, 2021).

O fermento separado é encaminhado para o tratamento do fermento que consiste na redução do pH para 2,5 com uso de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Em seguida, o fermento fica em agitação por 1,5 a 3 horas para terminar o tratamento. O objetivo é reduzir a contaminação bacteriana. Quando o tratamento empregado não é suficiente para reduzir a concentração de bactérias é empregado antibióticos (Kamoran) e outros biocidas (MADALENO et al., 2016). Após o tratamento, o fermento retorna para ser misturado a uma nova quantidade de mosto. Para cada etapa de fermentação e tratamento completo se dá o nome de ciclo de fermentação. Ao longo da safra, o fermento não será substituído, sendo o tratamento muito importante para manutenção do processo com nível de eficiência elevado (VARIZE et al., 2022).

2.2.5 FERMENTAÇÃO

A fermentação é processo essencial na fabricação do etanol, no qual microrganismos, como as leveduras, convertem os açúcares presentes no mosto (caldo clarificado) em etanol e dióxido de carbono (EMBRAPA, 2022b). Durante a fermentação, as leveduras consomem os açúcares disponíveis como fonte de energia e produzem etanol como subproduto.

O processo de fermentação ocorre em dornas de fermentação, onde o mosto é adicionado juntamente com as leveduras selecionadas. De acordo com Garcia (2012), condições controladas de temperatura, pH e agitação são estabelecidas para promover um ambiente favorável ao crescimento e atividade das leveduras. Ao longo do período de fermentação, as

leveduras consomem os açúcares, convertendo-os em etanol e dióxido de carbono (HOELZ e AZEVEDO, 2019).

O processo de produção de etanol pode ser conduzido em duas modalidades: batelada (ou batelada descontínua) e contínuo. Na produção em batelada, uma quantidade específica de mosto é adicionada a um reator ou fermentador, seguida pela introdução de uma cultura de microrganismos, geralmente leveduras, responsáveis pela fermentação dos açúcares presentes no mosto, convertendo-os em etanol. Durante o processo de fermentação, ocorre a liberação de dióxido de carbono e calor. Após um determinado período de fermentação, o processo de produção de etanol em batelada é interrompido. Em seguida, ocorre o esvaziamento do fermentador, possibilitando a separação do vinho e da levedura. Na etapa de separação do vinho e da levedura, geralmente é utilizada a centrifugação como método de separação. A centrifugação consiste em submeter a mistura líquida a uma força centrífuga, que promove a sedimentação da biomassa de levedura no fundo do recipiente, enquanto o líquido mais claro, contendo o vinho com teor de etanol desejado, é coletado na parte superior (Sumikawa, 2019).

No processo contínuo a alimentação de matéria-prima e a remoção do etanol ocorrem de forma contínua, sem a necessidade de interrupções como no processo em batelada. Esse método é geralmente utilizado em grandes unidades industriais de produção de etanol (SANTOS, 2019).

Nesse processo, a matéria-prima é continuamente alimentada em um reator ou coluna de destilação, onde ocorre a fermentação. O líquido resultante, que contém etanol, é encaminhado para um sistema de separação, como uma coluna de destilação, onde o etanol é separado dos demais componentes, como água e impurezas (SANTOS, 2019).

O processo contínuo é geralmente mais eficiente em termos de produção em larga escala, pois permite uma maior taxa de produção e requer menos mão de obra em comparação com o processo em batelada. No entanto, também exige um investimento inicial maior em equipamentos (SANTOS, 2019).

Esses são os dois principais processos utilizados na produção de etanol. Cabe ressaltar que o processo específico pode variar dependendo do fluxo de produção.

Após o término da fermentação, obtém-se uma mistura alcoólica que passa por processos subsequentes, como a destilação, para a obtenção do etanol com maior teor alcoólico.

2.2.6 DESTILAÇÃO

Segundo Machado e Abreu (2006), o processo de destilação é fundamental na recuperação do etanol presente no mosto fermentado. A destilação é baseada na separação dos componentes de uma mistura de acordo com suas volatilidades. Durante esse processo, a mistura é aquecida até a ebulição, e os vapores, com concentrações dos compostos diferentes do líquido original, são resfriados para a condensação.

A destilação fracionada é empregada para obter altos teores de etanol, próximos a 97% v/v, a partir do vinho com teor alcoólico inicial de 7% a 12%. Nesse processo, ocorre o fracionamento dos componentes, com os mais voláteis se separando primeiro, seguidos pelos demais em sequência de volatilidades (TONOLI, 2016). Entretanto, após atingir a concentração de 97%, ocorre a formação de mistura azeotrópica, na qual a destilação fracionada não é mais eficiente (ZARPELON, 2020).

Além da separação dos componentes com base em suas volatilidades, a destilação também envolve o uso de uma coluna de destilação. Essa coluna é composta por pratos ou bandejas que atuam como estágios de separação, permitindo o contato entre o vapor ascendente e o líquido descendente. Os pratos são projetados para promover a transferência de massa entre o vapor e o líquido, facilitando a separação gradual dos componentes mais voláteis que sobem na coluna, enquanto os menos voláteis saem na base da coluna (SANTOS, 2019).

A destilação é realizada em duas colunas, a de esgotamento (destiladora) e a de retificação, como ilustrado na Figura 2. A coluna de destilação é dividida, da base até o topo em coluna de esgotamento, depuração e a concentradora. Na coluna de destilação, o vinho entra na bandeja de separação da coluna de depuração e da concentradora de produtos de cabeça (4 a 6 bandejas). Os vapores da coluna concentradora chegam aos dois condensadores dessa coluna, que condensam o vapor e dão origem ao álcool bruto ou de segunda. Parte do condensado retorna para a coluna. Gases incondensáveis (CO_2 e outros) são eliminados do aparelho de condensação na trombeta (ZARPELON, 2020).

Figura 2- Esquema do processo de produção de etanol hidratado.

condensador ou 1/3 do tamanho original. Do tamanho do condensador há condensação do etanol que arrasta os gases no líquido, aumentando a acidez do etanol. Com o tamanho da trombeta menor, a acidez do etanol hidratado tende a ser menor e isso faz com que a qualidade do combustível aumente (ZARPELON, 2020).

A destilação é um processo de extrema importância na produção de etanol, permitindo a obtenção de um produto adequado para diversas aplicações. A escolha do tipo de destilação e dos parâmetros operacionais depende das especificações requeridas para o tipo de álcool desejado, álcool hidratado utilizado como combustível ou o álcool anidro utilizado em aplicações industriais. O etanol hidratado, dependendo da destilação, poderá ser classificado como comum, industrial ou neutro (NEVES *et al*, 2020).

2.2.6.1 DEGASAGEM EM COLUNAS DE DESTILAÇÃO

A degasagem é um processo importante nas colunas de destilação para remover gases dissolvidos no líquido. Durante a destilação, especialmente em sistemas que envolvem líquidos voláteis, gases como oxigênio, dióxido de carbono e outros compostos podem ser arrastados junto com o vapor, que é ilustrado na Tabela 2 (SILVA, 2017).

Tabela 2- compostos eliminados na degasagem dos condensadores

Composto	PE (°C)
Aldeído acético	21
Acroleína	52
Crotonaldeído	104
Furfural	162
Hidroximetilfurfural	154,5
Diacetil	88
Acetal	102,7
Acetato de etila	77
Carbamato de etila	182
Metanol	64,7
N-propanol	97,2
I-Butanol	117,5
I-Amílico	132
N-Butílico	118
Acetona	56,5

Fonte- REIS, 2021.

A presença desses gases dissolvidos pode ter efeitos negativos na operação da coluna de destilação. Eles podem causar problemas de eficiência, como redução da capacidade de separação, alteração dos pontos de ebulição dos componentes e formação de espuma. Além disso, a presença de gases dissolvidos pode levar à corrosão de equipamentos e tubulações (SILVA, 2017).

A degasagem é realizada para remover esses gases do líquido antes de entrar na coluna de destilação. Esse processo é normalmente realizado em uma etapa anterior, conhecida como pré-tratamento do líquido de alimentação. Nele, o líquido é submetido a condições adequadas, como temperatura e pressão controladas, para permitir a liberação dos gases dissolvidos (PEREIRA, 2015).

Existem diferentes métodos de degasagem utilizados em colunas de destilação. Um dos métodos comuns é a aplicação de vácuo, no qual o líquido é exposto a uma pressão reduzida, facilitando a evaporação dos gases dissolvidos. Outro método é a purga, em que uma corrente de gás inerte é introduzida no líquido para remover os gases dissolvidos. Também pode ser utilizada a desgaseificação térmica, na qual o líquido é aquecido a uma temperatura específica para promover a evaporação dos gases. Outro método é o da trombeta, que é um acessório que faz parte do sistema de condensação dos equipamentos. Ela está localizada ao lado dos condensadores, e sua função principal é direcionar e facilitar a eliminação dos gases dissolvidos no processo de degasagem. A trombeta é um dispositivo tubular com uma extremidade aberta e a outra em forma de sino, semelhante a uma trombeta musical. Essa técnica é frequentemente utilizada em laboratórios e indústrias para remover gases dissolvidos em líquidos, como ar, dióxido de carbono, oxigênio e outros gases (WILLARD, et al., 1986).

A degasagem adequada do líquido de alimentação é essencial para garantir o bom desempenho da coluna de destilação. Ao remover os gases dissolvidos, é possível obter uma operação mais eficiente, com melhor separação dos componentes desejados e redução dos efeitos negativos causados pela presença de gases. Isso contribui para a obtenção de produtos de alta qualidade e para a prolongação da vida útil dos equipamentos envolvidos no processo.

3. ANÁLISE DOS PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A RECUPERAÇÃO DO ETANOL NA DEGASAGEM DOS CONDENSADORES

A recuperação do etanol na degasagem dos condensadores pode ser afetada por diversos fatores. Alguns dos principais, segundo Góes-Favoni et al, 2018, são:

- Temperatura: A temperatura do sistema de destilação tem um impacto direto na volatilidade dos componentes presentes na mistura. Uma temperatura mais baixa pode resultar em menor evaporação do etanol, reduzindo sua recuperação.
- Pressão: A pressão do sistema também influencia nas propriedades de volatilidade dos componentes. Uma pressão inadequada pode levar a uma menor eficiência de destilação e, conseqüentemente, à redução da recuperação de etanol.
- Composição da mistura: A presença de outros componentes na mistura, como água e impurezas, pode afetar a separação do etanol durante a destilação. A presença de impurezas pode diminuir a recuperação do etanol.
- Eficiência do condensador: A eficiência do condensador em resfriar e condensar os vapores de etanol também é um fator importante. Um condensador mal projetado ou com baixa eficiência pode resultar em perdas de etanol durante a operação.
- Velocidade de destilação: A taxa de destilação, ou seja, a quantidade de líquido que é destilado por unidade de tempo, pode influenciar a recuperação do etanol. Uma destilação muito rápida pode resultar em arraste de líquido, incluindo o etanol, reduzindo sua recuperação.
- Nível de refluxo: O refluxo é a quantidade de líquido que retorna da coluna de destilação para o topo. Um nível adequado de refluxo ajuda a melhorar a eficiência da separação e aumentar a recuperação do etanol.

É importante considerar todos esses fatores durante o projeto e operação de uma coluna de destilação, a fim de otimizar a recuperação do etanol e obter um produto de alta qualidade.

4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE RECUPERAÇÃO DO ETANOL

A avaliação da eficiência de recuperação do etanol desempenha um papel fundamental no processo de degasagem dos condensadores. É necessário realizar essa avaliação para verificar a eficácia do método empregado na remoção dos gases dissolvidos, incluindo o etanol, e garantir que o processo de recuperação atenda aos requisitos desejados. Nesta seção, serão abordados os métodos utilizados para avaliar a eficiência de recuperação do etanol, destacando sua importância na análise de amostras degasadas.

Uma das abordagens comumente utilizadas é a cromatografia gasosa (CG). A CG é uma técnica analítica amplamente reconhecida e empregada na determinação de compostos voláteis, como o etanol. Após a degasagem da amostra, uma porção do líquido degasado é injetada em um sistema de cromatografia gasosa para separar e quantificar o etanol presente. Essa análise permite obter uma medida direta da concentração de etanol recuperado e, assim, determinar a eficiência do processo de degasagem (NASCIMENTO, 2018).

Outro método comumente utilizado é a espectrofotometria. Essa técnica envolve a medição da absorção de luz por uma substância em solução. No caso do etanol, é possível selecionar um comprimento de onda específico para quantificar sua concentração. Após a degasagem da amostra, a análise espectrofotométrica permite determinar a concentração do etanol recuperado, fornecendo uma avaliação da eficiência de recuperação (LEITE, 2015).

Além disso, a análise gravimétrica também pode ser empregada na avaliação da eficiência de recuperação do etanol. Essa abordagem envolve a determinação da massa do etanol presente na amostra antes e após a degasagem, utilizando técnicas de pesagem precisa. A comparação das massas obtidas permite avaliar a quantidade de etanol recuperado e, consequentemente, a eficiência do processo de degasagem (RIBEIRO E FERNANDES, 2014). A realização da avaliação da eficiência de recuperação do etanol é crucial para garantir que o método de degasagem utilizado seja eficaz na remoção dos gases dissolvidos, incluindo o etanol, e para obter resultados precisos na análise subsequente das amostras. A escolha do método adequado de avaliação dependerá das características da amostra, da sensibilidade do método e dos recursos disponíveis no laboratório.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a escassez de estudos específicos sobre a recuperação do etanol na degasagem dos condensadores, o presente estudo se propôs a analisar as informações disponíveis acerca da perda de etanol durante esse processo.

A revisão bibliográfica revelou diversos fatores que podem contribuir para a perda de etanol na degasagem dos condensadores. Entre esses fatores, destacam-se a temperatura, a pressão, a composição da mistura, a eficiência do condensador, a velocidade de destilação e o nível de refluxo são fatores que desempenham papéis críticos na produção de etanol.

O controle adequado desses fatores é essencial para otimizar a eficiência do processo e reduzir as perdas de etanol, contribuindo para uma produção mais econômica e sustentável.

É importante ressaltar que as informações apresentadas são baseadas em uma revisão bibliográfica e não foram acompanhadas por resultados empíricos específicos que quantifiquem a magnitude desses efeitos.

Diante da lacuna existente no conhecimento sobre a recuperação do etanol na degasagem dos condensadores, sugere-se que estudos futuros sejam conduzidos com o objetivo de investigar empiricamente a perda de etanol nesse processo. Tais estudos experimentais permitirão obter dados mais precisos e quantitativos sobre a recuperação ou perda de etanol, contribuindo para a otimização do processo de produção de etanol.

6 CONCLUSÃO

Em conclusão, este trabalho identificou uma série de fatores que podem contribuir para a perda de etanol durante a degasagem dos condensadores na produção de etanol. Controlar esses fatores é crucial para otimizar a eficiência do processo e reduzir as perdas. No entanto, é necessário realizar estudos empíricos para quantificar e entender melhor a magnitude desses efeitos. Sugere-se que estudos futuros sejam conduzidos para investigar empiricamente a perda de etanol na degasagem dos condensadores, a fim de melhorar a eficiência global da produção de etanol e reduzir as perdas industriais.

REFERÊNCIAS

SANTOS, Máгда Correia et al. Principais tecnologias para produção de etanol anidro no Brasil. *Revista Virtual de Química*, v. 13, p. 1228-1240, 2021.

NEVES, Thiago Gonçalves das et al. Sistema de controle inteligente baseado em redes neurais artificiais aplicado ao processo de destilação extrativa. 2020.

Observatório da Cana. Histórico de Produção e Moagem - Etanol Total. Disponível em: https://observatoriodacana.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2&acao=visualizar&idTabela=2492&produto=etanol_total&safraini=2020%2F2021&safrafim=2020%2F2021&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR. Acesso em: 25 maio 2023.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do et al. Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/39260>. Acesso em: 08 jun. 2023.

REIS, Hávala Barbosa. Aumento da produção de hidratado neutro através do gerenciamento e redução das sangrias, 2021.

RIBEIRO, Rafael; DA SILVA FERNANDES, Dhion Meyg. Análise Gravimétrica, 2014. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35182824/ANALISE_GRAVIMETRICA-libre.pdf?1413656131=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalise_Gravimetica.pdf&Expires=1686530412&Signature=cEPtaeeZ3C4WBGMUUnaYWbQWHzPWSxQjXWobbRW6jKieOyRdRbbH8vbt0b921mH4FWExl7v20EpYJczqzjBN1~4yjKhhWWPxiKnrgwvnpajll-yFU~Gq0mA~2YPi1hYY9ILkQXvO6JiTAYAXxlOmv1h8YNsQBcvaQYPhzGL4RltjkhcSNPDfWR9ZKPCp4vIBFQnsGTBJ~2cR0nyxQDBXumH5H3tB~gNO3VTWqE-4dJXFZUVrhedjpKBPaK1~RtRgw02V83nZERkN7KFvvtNgUqSqHU-6HwycpIADscYk2VwmlM623nyHUxZdIqarSKzxf3wmltXcvtI5vkQb3XEg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 08 jun. 2023.

GOMES, Ana; MEURER, Angélica; ZANQUETTA DE PINTOR, Geisiane. O uso da logística reversa para atender a responsabilidade socioambiental: estudo de caso em uma agroindústria canavieira no Paraná. 2016. Disponível em:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Fluxograma-de-Producao-de-Acucar-e-Etanol_fig1_328102843. Acesso em: 28 maio 2023.

LEITE, Clarice Caldeira. Determinação de metais em amostras de óleo lubrificante, gasolina e etanol combustível por espectrometria de absorção atômica. 2015. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/187628/001044427.pdf?sequence=1>. Acesso em: 08 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2021. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>. Acesso em: 20 maio 2023.

SAMPAIO, Ana Flávia Rodrigues Alves; ALVES, Luciana Costa de Faria. Panorama da indústria do etanol combustível no Brasil. TCC (Graduação)-Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/1861>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SILVA, Fernando Henrique da. Cultivo de *saccharomyces cerevisiae* em processos descontínuo e descontínuo alimentado utilizando mel invertido para produção de etanol. 2016.

Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3726>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SILVA, Rodrigo Orgeda da. Estratégias para mitigação de impactos econômico e ambiental gerados pela vinhaça em destilarias de etanol. 2017. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/6162/1/Rodrigo%20Orgeda%20da%20Silva_2017.pdf. Acesso em: 07 jun. 2023.

PEREIRA, Francisco Sávio Gomes. Processos tecnológicos de alimentos. Editora: Editora, 2015. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Pereira-57/publication/312016425_TECHNOLOGICAL_PROCESSES_OF_FOODS_in_portuguese_PROCESSOS_TECNOLOGICOS_DE_ALIMENTOS/links/58684f2408ae8fce4915c9da/TECHNOLOGICAL-PROCESSES-OF-FOODS-in-portuguese-PROCESSOS-TECNOLOGICOS-DE-ALIMENTOS.pdf. Acesso em: 01 jun. 2023.

SANTOS, Inês Sofia Ferreira dos. Simulação Processual das Unidades de Destilação Atmosférica e de Fracionamento de Gasolina SR da Fábrica I da Refinaria de Sines. 2019. Tese de Doutorado. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://run.unl.pt/bitstream/10362/86983/4/Santos_2020.pdf. Acesso em: 06 jun. 2023.

LARA, Giselle Vieira. Sulfitação: um estudo de caso em uma usina no interior do estado de São Paulo. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16448>. Acesso em: 02 jun. 2023.

PEREIRA, FRANCISCO SÁVIO GOMES. Processos Químicos. Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia de Pernambuco (IFPE). Ipojuca, 2015. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Pereira-57/publication/312298442_CHEMICAL_PROCESSES_in_portuguese_PROCESSOS_QUIMICOS/links/5878e6fb08ae4445c05d244c/CHEMICAL-PROCESSES-in-portuguese-PROCESSOS-QUIMICOS.pdf. Acesso em: 08 jun. 2023.

SANTOS, Nayara Barbosa dos. Projeto Ciclone—estudo do número de renovações do volume de dorna para viabilização do fermentador com circulação de vinho. 2019. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15616/1/NBS13052019.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2023.

SUMIKAWA, Victor Iwao Oliveira. Avaliação da produção de etanol em usinas flex de cana-de-açúcar e milho. 2019. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/14629/TCC-Victor-Sumikawa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 06 jun. 2023.

HOELZ, Isabela dos Santos; AZEVEDO, Raul Siqueira de. Análise teórico-experimental de processos de fermentação para produção de cerveja. 2019. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/10490>. Acesso em: 05 jun. 2023.

GARCIA, Daniely. Estudo da produção de etanol pela levedura *Pichia stipitis*, a partir do hidrolisado hemicelulósico de bagaço de malte. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97131/tde-30082013-160502/en.php>. Acesso em: 05 jun. 2023.

LOPES, Cláudio Hartkopf. Tecnologia de produção de açúcar de cana. 2017. Disponível em:

http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2769/1/TS_ClaudioLopez_TecnologiaProdAcucar.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Renewables 2022: Analysis and Forecasts to 2030. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>. Acesso em: 20 maio 2023.

FERNANDES, Altair. Avaliação do processo de combustão da biomassa (bagaço de cana) para valorização das cinzas geradas. 2019. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/8145/Altair%20Fernandes_.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 03 jun. 2023.

COSTA, Emerson Rodrigues. Acompanhamento e monitoramento da etapa de fermentação alcoólica na indústria sucroalcooleira Companhia Alcoolquímica Nacional – Grupo JB. 2019. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrpe.br/handle/123456789/1414>. Acesso em: 04 jun. 2023.

RIZZON, Luiz Antenor; MENEGUZZO, Julio. Sistema de produção de destilado de vinho: destilação. Embrapa, 2009. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinho/SistemaProducaoDestiladoVinho/destilacao.htm>. Acesso em: 30 maio 2023.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (OCDE/FAO). OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. Disponível em: <http://www.agri-outlook.org/>. Acesso em: 12 maio 2023.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. RFA. Markets & Statistics Annual Ethanol Production. U. S. & World ethanol production. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/26877/1/TCC-Eudes%20Fernandes-final%20%281%29.pdf>. Acesso em: 31 maio 2023.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). O setor sucroenergético em São Paulo: uma visão econômica, social e ambiental. Disponível em: <http://www.unica.com.br/>. Acesso em: 12 maio 2023.

VIDAL, Maria de Fátima. Produção e Mercado de Etanol. Caderno Setorial ETENE, n. 159, p. 1-9, abr. 2021. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/906/1/2021_CDS_159.pdf. Acesso em 30 maio 2023.

VIDAL, M. F. Perspectivas futuras para o etanol. Revista de Energia e Meio Ambiente, v. 15, n. 2, p. 132-147, 2022. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1409/3/2022_CDS_237.pdf. Acesso em: 12 maio 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.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). "Produção de cana-de-açúcar chega a 610,1 milhões de toneladas na safra 2022/23, com melhora na produtividade nas lavouras." Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4977-producao-de-cana-chega-a-610-1-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23-com-melhora-na-produtividade-nas-lavouras>. Acesso em: 01 jun. 2023

NUNES, Elis Fernando. CANA-DE-AÇÚCAR: A PRODUÇÃO DE ETANOL E SEUS BENEFÍCIOS. Monografia apresentada ao Curso Técnico em Agronegócios do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo - Campus Barretos, 2017. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://brt.ifsp.edu.br/phocadownload/userupload/213354/IFMAN170005%20CANA%20DE%20ACAR%20A%20PRODUO%20DE%20ETANOL%20E%20SEUS%20BENEFCIOS.pdf>. Acesso em: 25 maio 2023.

KENT, James A. Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology. 12th ed. New York: Springer, 2012.

STICHLMAIR, Johann G. Distillation: Principles and Practices. 1st ed. Hoboken: Wiley, 2014.

MACHADO, Cristina Maria Monteiro; ABREU, Frederique Rosa. Produção de álcool combustível a partir de carboidratos, 2006. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/viewFile/510/46>. Acesso em: 28 maio 2023.

COPERSUCAR. Como é produzido o etanol? Disponível em: <https://www.copersucar.com.br/noticias/como-e-produzido-o-etanol/>. Acesso em: 25 maio 2023.

ARAUJO JUNIOR, U. P. de. Estudo de caso: remoção de impurezas no etanol industrial. Trabalho de graduação (Curso de Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2022. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/16020/TG_Ulisses_deposito.pdf?sequence=1. Acesso em: 23 maio 2023.

VIANNA, J.N.S.; DUARTE, L.M.G.; WEHRMANN, M.E.S.F. O papel do etanol na mitigação das emissões de poluentes no meio urbano, 2009. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/etanol_mitigacao_emissoes.pdf. Acesso em: 30 maio 2023.

NOVA CANA. Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas? 2023. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar>. Acesso em: 28 maio 2023.

EMBRAPA. Processo de extração do caldo de cana-de-açúcar por moendas, 2022a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/processamento-da-cana-de-acucar/extracao#>. Acesso em: 28 maio 2023.

Embrapa Agroenergia. Fermentação, 2022b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/processamento-da-cana-de-acucar/tratamento-do-caldo/fermentacao>. Acesso em: 28 maio 2023.

TONOLI, Fernando César. Adaptação de leveduras para fermentação com alto teor alcoólico. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-23012017-130939/publico/Fernando_Cesar_Tonoli_versao_revisada.pdf. Acesso em: 06 jun. 2023.

WILLARD, H. H. et al. Instrumental Methods of Analysis. 7th ed. Boston: Cengage Learning, 1986.

BREXÓ, R. P.; SANT'ANA, A. S. Impact and significance of microbial contamination during fermentation for bioethanol production. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 73, n. January, p. Submitted-under review, 2017.

DE SOUZA, R. B. et al. Mineral Composition of the Sugarcane Juice and Its Influence on the Ethanol Fermentation. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 175, n. 1, p. 209–222, 2015.

GIMENEZ, A. Z.; FRANZÉ, R. V.; MADALENO, L. L. TEORES DE IMPUREZAS VEGETAIS E A CONCENTRAÇÃO DO AMIDO NO CALDO DE CANA. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, v. 8, n. 1, p. 42–54, 2016.

HOANG, T. D.; NGHIEM, N. Recent developments and current status of commercial production of fuel ethanol. **Fermentation**, v. 7, n. 4, 2021.

MADALENO, L. L. et al. Use of antimicrobials for contamination control during ethanolic fermentation Utilização de antimicrobianos para o controle da contaminação durante a fermentação etanólica. **Científica**, v. 44, n. 2, p. 226–234, 2016.

OLIVEIRA, J. A. DE et al. Radiação Ultravioleta no Controle dos Micro-Organismos na Água de Diluição e no Mosto de Melaço. 2006.

PRUDENCIATO, R. **Consumo energético no processo de destilação de etanol e análise de suas variáveis de impacto: estudo de caso em uma usina**. [s.l.] Universidade de São Paulo campus Lorena, 2011.

REBELATO, M. G. et al. Developing an index to assess human toxicity potential of sugarcane industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, 2019.

VARIZE, C. S. et al. Increasing Ethanol Tolerance and Ethanol Production in an Industrial Fuel Ethanol *Saccharomyces cerevisiae* Strain. **Fermentation**, v. 8, n. 10, p. 1–14, 2022.

ZARPELON, F. **Destilação do etanol**. Piracicaba: STAB - Sociedade dos Técnicos Açucareiros e alcooleiros do Brasil, 2020.

ZOHRI, A. N. et al. Deterioration of sugarcane molasses during storage and its effect on ethanol fermentation efficiency in distillery factories Abdel. **Egyptian Sugar Journal**, v. 18, n. 0, p. 32–39, 2022.

APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE

TERMO DE ORIGINALIDADE

Eu, Giovanna Camillo Del Vecchio, RG 688848888, CPF 000000000, aluno(a) regularmente matriculado(a) 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 **Recuperação do etanol na degasagem dos condensadores 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, [inserir dia, mês e ano].

[Assinatura do(a) aluno(a)]

[Nome completo do(a) aluno(a)]

**ANEXO A – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA
EMPRESA/LABORATÓRIO ETC.**

[Timbre da empresa]

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

Autorizamos para os devidos fins, o(a) senhor(a) [inserir nome do(a) aluno(a)], R.G. [00.000.000-0], a divulgar o nome, os dados e as fotos da Empresa/Laboratório etc. [inserir nome da empresa, laboratório etc.], CNPJ [00.000.000.000/000], em seu Trabalho de Graduação, intitulado [inserir título do trabalho], a ser apresentado na Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB).

O(a) aluno(a) compromete-se a não utilizar/divulgar, por nenhum meio, os demais dados confidenciais da referida empresa.

[Cidade/Estado, data].

Assinatura do responsável (reconhecer firma)

Nome do responsável

Cargo do responsável

R.G. do responsável

*CARIMBO COM CNPJ
DA EMPRESA*