



**1º Encontro Interdisciplinar em Energia, Programa de Pós-graduação em Energia, Ufes**



**Recuperação de etanol a partir de bebidas alcoólicas apreendidas pela Receita Federal na tríplice fronteira entre Brasil, Paraguai e Argentina**

*Recovery of ethanol from alcoholic beverages seized by the Federal Revenue Service in the triple border area between Brazil, Paraguay and Argentina*

Wagner Ferreira<sup>1,\*</sup>, Andréia Cristina Furtado<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

<sup>2</sup> Professora do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

\*Autor para correspondência, E-mail: [wagner.ferreira@unila.edu.br](mailto:wagner.ferreira@unila.edu.br)

**Resumo:** O etanol é uma substância orgânica com cadeia carbônica saturada, cujo grupo funcional é a hidroxila. As matérias-primas utilizadas na produção do álcool são majoritariamente de origem agrícola, sendo que no Brasil, a principal é a cana-de-açúcar, da qual se obtêm etanol hidratado, etanol anidro e etanol fino, utilizados em diversos segmentos industriais ou como combustível. Atualmente há uma crescente preocupação com a busca por novas fontes para produção do etanol, o que fez os resíduos ganharem destaque como matérias-primas promissoras. Na cidade de Foz do Iguaçu, localizada na tríplice fronteira entre Brasil, Paraguai e Argentina, a Receita Federal, visando dar destino adequado às bebidas alcoólicas apreendidas, que precisam ser descartadas, firmou parceria com a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, para realizar o reaproveitamento adequado das mesmas. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é a recuperação do etanol contido nas bebidas alcoólicas apreendidas e repassadas para a Universidade, utilizando para esse procedimento uma Planta Didática de Bioetanol. A metodologia adotada para a execução deste trabalho está dividida em quatro etapas, a revisão bibliográfica, mistura das bebidas alcoólicas (impedir que voltem a ser comercializadas) e logística de transporte, processo de destilação e análise da eficiência e rendimento e, encaminhamento do etanol para usos diversos. Os resultados demonstraram que em relação ao tempo de destilação, a vazão de 62,5 L/h, foi a mais viável, pois nesta condição em 100 min de operação, recuperou-se 26,4 L de etanol com teor de 90,5°GL, obtendo-se uma eficiência de 62%.

**Palavras-chave:** resíduos; reaproveitamento; destilação; álcool etílico; sustentabilidade.

**Abstract:** Ethanol is an organic substance with a saturated carbon chain, whose functional group is the hydroxyl group. The raw materials used in alcohol production are mainly of agricultural origin, and in Brazil, the main one is sugarcane, from which hydrated ethanol, anhydrous ethanol, and fine ethanol are obtained, used in various industrial segments or as fuel. Currently, there is a growing concern with the search for new sources for ethanol production, which has led to residues gaining prominence as promising raw materials. In the city of Foz do Iguaçu, located on the triple border between Brazil, Paraguay, and Argentina, the Federal Revenue Service, aiming to provide an appropriate destination for seized alcoholic beverages that need to be discarded, partnered with the Federal University of Latin American Integration to carry out their proper reuse. In this context, the objective of this work is the recovery of the ethanol contained in the seized alcoholic beverages and transferred to the University, using a Bioethanol Teaching Plant for this procedure. The methodology adopted for the execution of this work is divided into four stages: bibliographic review, mixing of alcoholic beverages (to prevent them

*from being resold) and transport logistics, distillation process and analysis of efficiency and yield, and forwarding of the ethanol for various uses. The results showed that, in relation to the distillation time, the flow rate of 62.5 L/h was the most viable, since under this condition, in 100 min of operation, 26.4 L of ethanol with a content of 90.5°GL were recovered, obtaining an efficiency of 62%.*

*Keywords: waste; reuse; distillation; ethyl alcohol; sustainability.*

## 1 Introdução

O etanol ou álcool etílico é uma substância orgânica constituída pelos elementos químicos carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), cuja fórmula molecular é  $C_2H_5OH$ . É uma substância neutra, derivada de hidrocarboneto devido a substituição de um átomo de H por um grupo hidroxila (OH). É um álcool primário, pois o OH encontra-se unido somente a um C e, sua cadeia carbônica é saturada, pois há apenas ligações simples entre os carbonos que a compõem (Lora e Venturini, 2012; Lopes, Gabriel e Borges, 2011; Solomons e Fryhle, 2016).

Atualmente as matérias-primas utilizadas na produção do etanol são majoritariamente de origem agrícola, podendo ser agrupadas em 3 grandes grupos, as açucaradas, amiláceas e celulósicas. As açucaradas têm como principais fontes de obtenção os mostos e sucos de diferentes frutas, a beterraba, o sorgo açucarado e a cana-de-açúcar. As amiláceas, que podem ser divididas em dois subgrupos, tem o subgrupo dos cereais, cujas principais fontes são o milho, a cevada, o malte, o trigo, a aveia, o centeio e o arroz e, o subgrupo dos tubérculos, cujas principais fontes são a batata, a batata-doce e a raiz de girassol. As celulósicas, tem como principais fontes de obtenção a madeira, o bagaço e a palha de cana, a palha do trigo, os resíduos de milho e a polpa de beterraba (Lora e Venturini, 2012).

Apesar dos diferentes tipos de matéria-prima utilizadas para a obtenção do etanol, os países produtores do mesmo, definem qual ou quais matérias-primas serão utilizadas a partir de critérios, como por exemplo, à disponibilidade dos cultivos e as condições climáticas que possam favorecer o crescimento e a produtividade dos mesmos. No Brasil, a principal matéria-prima é a cana-de-açúcar, sendo o principal processo utilizado para produção do etanol a via fermentativa (Lora e Venturini, 2012; Lopes, Gabriel e Borges, 2011; Cardoso et al., 2020; Mekunye e Makinde, 2024).

O etanol produzido no Brasil apresenta uma composição que varia em função da sua finalidade. Assim, o etanol brasileiro, de maneira resumida pode ser classificado como: etanol hidratado, que apresenta um teor de umidade residual entre 4% e 6%, cuja principal utilização se dá como combustível de veículos; etanol anidro, que apresenta um teor de umidade residual inferior a 1%, cuja principal destinação é à adição a gasolina; etanol fino, cuja presença de componentes secundários, em especial aqueles que podem conferir odores e/ou sabores estranho ao produto, é bastante baixa, sendo este álcool destinado às indústrias de farmácia, perfumes e bebidas (Lopes, Gabriel e Borges, 2011).

Visto a ampla utilização do etanol, atualmente há uma crescente preocupação com a busca por novas fontes para a sua produção, associadas a processos que sejam sustentáveis. Nesse contexto, os resíduos têm ganhado destaque como matérias-primas promissoras para a produção de etanol. Ou seja, os resíduos, que muitas vezes são descartados inadequadamente ou subaproveitados, passam a ser utilizados como matéria-prima na obtenção do álcool etílico (Vicente et al., 2024; Mekunye e Makinde, 2024).

O reaproveitamento dos resíduos contribui de forma relevante com a sociedade, o meio ambiente e o setor energético, pois oferece fontes renováveis de biomassa que diminuem o uso de energia fóssil. Ou seja, contribui para o desenvolvimento sustentável gerando empregos e diminuindo os gases do efeito estufa, associados ao uso dos combustíveis fósseis (Vicente et al., 2024; Ferreira e Furtado, 2024).

Na tríplice fronteira entre Brasil, Paraguai e Argentina, uma fonte de resíduos para a produção de etanol são as bebidas alcoólicas, provenientes das apreensões realizada pela Receita Federal do Brasil (RFB). As bebidas são consideradas resíduos, pois de acordo com Pascoal (2023) mercadorias apreendidas que possuem características de nocividade, sob os aspectos de saúde e meio ambiente, não podem ser doadas para comercialização.

Portanto, mercadorias como as bebidas alcoólicas devido aos aspectos de saúde e ambientais que impedem a sua comercialização, são inutilizadas pela RFB e encaminhadas para a correta destinação dos resíduos, em conformidade a legislação ambiental vigente. Assim, buscando dar vazão a demanda de novas apreensões, e diminuição do estoque de produtos apreendidos, a RFB vem aprimorando os seus procedimentos de destinação dos seus produtos apreendidos, com ações como a contratação pública de empresas especializadas em descarte, leilões de resíduos e a adoção de convênios com universidades e entidades, sempre com o foco no reaproveitamento ou a correta destinação (Pascoal, 2023).

A RFB (2025) apresenta em seu relatório de balanço aduaneiro referente ao ano de 2024 para todo o território brasileiro, o registro para as apreensões de bebidas alcoólicas, que contabilizaram 85.515 garrafas, 1.545 kg, 9.910 litros e 937.251 unidades. Apesar das diferentes formas de se registrar as apreensões de bebidas alcoólicas, pode-se observar que se trata de um elevado quantitativo apreendido, o qual, apesar de ser estimado em um valor de R\$66.578.870,77 reais, não pode ser comercializado, necessitando ser adequadamente descartado (Pascoal, 2023).

Na cidade de Foz do Iguaçu, localizada na tríplice fronteira, a RFB, visando dar o destino adequado a parte das bebidas alcoólicas apreendidas, firmou parceria com a Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), para realizar o reaproveitamento adequado das mesmas.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é a recuperação do etanol contido nas bebidas alcoólicas apreendidas e repassadas para a UNILA, utilizando para essa recuperação uma Planta Didática de Bioetanol adquirida da Companhia Bioenergética Brasileira (CBB).

## 2 Metodologia

A metodologia adotada para a execução deste trabalho está dividida em quatro etapas: 1) revisão bibliográfica; 2) mistura das bebidas alcoólicas (impedir que voltem a ser comercializadas) e logística de transporte até a planta de destilação; 3) processo de destilação e análise da eficiência e rendimento; 4) encaminhamento do etanol para usos diversos na UNILA.

### 2.1 Revisão bibliográfica

A pesquisa bibliográfica desse estudo foi realizada em livros, nas bases de dados SciFinder, SciELO, Web of Science, Scopus, ScienceDirect e Google Acadêmico e, em documentos e dados da RFB.

### 2.2 Mistura das bebidas alcoólicas e logística de transporte até a planta de destilação

A RFB, localizada na cidade de Foz do Iguaçu/Paraná, para impedir que as bebidas alcoólicas venham a ser comercializadas novamente, realiza a mistura das mesmas vertendo o conteúdo das garrafas apreendidas em bombonas de 230 litros. Após esse procedimento a RFB comunica a UNILA, que por sua vez com um veículo da frota oficial, realiza o transporte entre o depósito da RFB e o Laboratório de Biocombustíveis da UNILA. Cabe enfatizar que as bebidas destinadas a UNILA são as destiladas, como por exemplo, whisky, vodka e cachaça, cujos teores alcoólicos são mais elevados.

### 2.3 Processo de destilação, rendimento e eficiência

Em cada bombona de bebida alcoólica recebida, é coletado uma amostra de 1000 ml para a caracterização da mesma. As amostras coletadas são armazenadas em ambiente refrigerado a 12°C até a realização dos testes de teor alcoólico, conforme a metodologia descrita pela norma técnica NBR 5992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Para a destilação das bebidas alcoólicas, utilizou-se a planta didática de bioetanol da CBB, a qual permite que seja produzido etanol hidratado a partir de qualquer biomassa sólida. Conforme se observa na Figura 1a, a planta possui um painel de comando para controle dos dispositivos elétricos (eletroválvulas, eletrobombas e resistência), um tanque de entrada, o controle da vazão, a caldeira para aquecimento das bebidas, uma torre para destilação e um reservatório para coletar o etanol recuperado das bebidas alcoólicas.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o painel de comando (caso seja necessário a planta possui a opção de operação manual), o tanque de entrada, a coluna de destilação (que mede 5 m de altura e 45 cm de diâmetro, recheada com “anéis de Pall” conforme Figura 1b, cuja destilação é por arraste de vapor) e o tanque para acondicionar o etanol recuperado.

Para a determinação das condições de operação da planta que proporcionem o melhor rendimento e eficiência do processo, realizaram-se testes variando a vazão de alimentação (L/h) das bebidas e a temperatura (°C) do condensador de topo da coluna. No processo de recuperação foi analisada a quantidade de álcool recuperada em cada batelada, bem como o tempo gasto na destilação e o teor alcoólico (°GL) do etanol obtido. Cabe enfatizar que definidas as condições de operação da planta, o processo foi conduzido em triplicata.

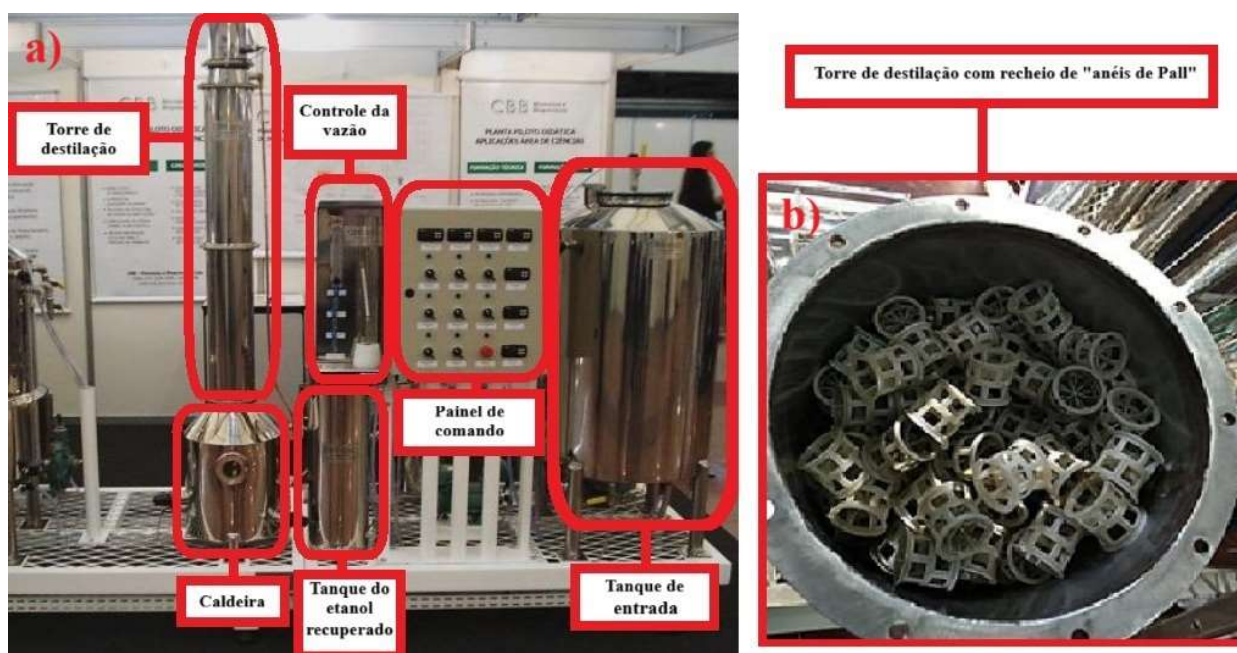


Figura 1. Planta didática de Bioetanol adquirida da Companhia Bioenergética Brasileira.

## 2.4 Encaminhamento do etanol para usos diversos na UNILA

Após a finalização do processo de destilação, o etanol recuperado é envazado em galões de 20 litros e encaminhado para diversas formas de uso na UNILA, como por exemplo, a produção de álcool 70% para limpeza, abastecimento da frota de veículos e produção de biodiesel. Cabe enfatizar que as adequações e análises necessárias conforme o destino dado ao etanol recuperado, são realizadas pelos responsáveis no prosseguimento do uso do mesmo.

## 3 Resultados e discussões

A propriedade físico-química verificada nas bebidas alcoólicas recebidas da RFB é o teor alcoólico, para determinar a quantidade de etanol presente nas mesmas e, após a destilação pode-se a partir desta informação, determinar o rendimento da recuperação do etanol. Na Tabela 1 encontram-se os resultados dos teores alcoólicos de 3 bombonas e, observa-se que houve uma variação de 37 a 40°GL. Essa variação no teor alcoólico entre as bombonas, pode ser atribuída ao procedimento de mistura realizado pela própria RFB, pois nesse processo as bombonas são preenchidas com bebidas destiladas diversas, as quais possuem teores alcoólicos diferentes entre si.

Tabela 1. Teor alcoólico das bebidas alcoólicas doadas pela RFB.

Bombona (230 L)	Teor alcoólico (°GL)	Temperatura (°C)
Bombona 1	40	20
Bombona 2	37	20
Bombona 3	40	20

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da recuperação de etanol da bombona 1, cuja a vazão de 37,5 L/h resultou em um produto com o maior teor alcoólico dentre as vazões propostas, 91,5°GL. Porém, se o tempo de operação da planta for considerado como o parâmetro principal, uma vez que diminuindo o tempo de operação diminui-se o consumo de água e energia para a execução do processo de destilação, a vazão de 62,5 L/h apresenta-se como a melhor opção, apenas 100 min de tempo de destilação, como mostra os resultados na Tabela 2, ou seja, 40 min mais rápido comparado com as demais vazões. Além da significativa diferença de tempo observada, cabe enfatizar que a diferença do teor alcoólico entre ambas as vazões analisadas é de apenas 1°GL, o que reforça a vazão de 62,5 L/h como a mais adequada para a destilação das bebidas.

Tabela 2. Recuperação de etanol em diferentes vazões de alimentação das bebidas.

Parâmetro	Vazão (L/h)		
	31,25	37,50	62,50
Volume de etanol recuperado (L)	26,40	26,90	27,30
Tempo de destilação (min)	140	140	100
Teor alcoólico (°GL)	89	91,5	90,5

Após estabelecida a vazão a ser utilizada, calculou-se a eficiência do processo para a mesma. Assim, a partir do teor alcoólico das amostras, calculou-se uma eficiência de aproximadamente 62% na recuperação do etanol contido nas bebidas alcoólicas doadas. Portanto, visto que em torno de 38% do etanol não foi recuperado, será dada continuidade aos estudos para a otimização do processo de destilação, visando aumentar o percentual de eficiência do mesmo.

4 Conclusões

Os resultados demonstraram que em relação ao tempo de destilação, a vazão de 62,5 L/h foi a mais viável, pois nesta condição em 100 min de operação, 40 min a menos que as demais vazões propostas, recuperou-se 26,4 L de etanol com teor de 90,5°GL, obtendo-se uma eficiência de 62%. A redução no tempo de operação da planta traz uma grande contribuição socioambiental, pois diminui o consumo de energia elétrica e água, necessários para que o processo de recuperação do etanol ocorra.

O processo, embora com eficiência de 62%, apresenta mérito pela sua sustentabilidade, pois reduz custos aos cofres públicos e diminui os impactos ocasionados no descarte. Ou seja, a recuperação do etanol é um processo limpo e sustentável, que proporciona ganhos para a sociedade e o meio ambiente.

Para trabalhos futuros, sugere-se estudar meios que melhorem a eficiência desse processo de recuperação do etanol das bebidas alcoólicas, bem como formas de utilizar a vinhaça, resíduo formado após o processo. Também é necessário que se faça um estudo do custo de recuperação e, uma comparação do mesmo com o custo do etanol ofertado no mercado, a fim de demonstrar se o álcool recuperado é mais barato do que o comercializado. Além das destinações já praticadas na UNILA para o etanol recuperado, sugere-se a investigação de novas aplicações que possam beneficiar ainda mais a Universidade, a comunidade que a frequenta, a sociedade e o meio ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Receita Federal de Foz do Iguaçu pelo fornecimento das bebidas alcoólicas.

Referências bibliográficas

Cardoso, LF et al. (2020) ‘Produção comparativa de etanol da cana-de-açúcar, batata inglesa e beterraba por fermentação’, *Health and Diversity*, v. 4, n. 1, pp. 45-49. <https://doi.org/10.18227/hd.v4i1.7530>

Ferreira, W e Furtado AC (2024) ‘Dos combustíveis fósseis às fontes renováveis de energia: uma breve revisão’, *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, v. 17, n. 12, p. 01-21. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.12-305>

Lopes, CH, Gabriel, AVMD e Borges, MTMR (2011) *Produção de etanol a partir da cana-de-açúcar: tecnologia de produção de etanol*, 1ª ed. São Carlos: UAB-UFSCar.

Lora, EE e Venturini, OJ (2012) *Biocombustíveis Volume 1*, 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência.

Mekunye F e Makinde P (2024) ‘Production of Biofuels from Agricultural Waste’, *Asian J. Agric. Hortic. Res.*, v. 11, n. 3, pp. 37-49. <https://doi.org/10.9734/ajahr/2024/v11i3328>

Pascoal, CM (2023) ‘Análise da destruição e da inutilização de mercadorias apreendidas pela Receita Federal do Brasil nas regiões de fronteira’, *(Re)Definições Das Fronteiras*, v. 1, n. 2, pp. 61-75. <https://doi.org/10.59731/rdf.v1i2>

Receita Federal do Brasil (RFB) (2025) ‘Balanço Aduaneiro 2024 Janeiro a Dezembro’. Disponível em: <<https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/aduana/2024-balanco-aduaneiro.pdf>> (acessado em 10 de setembro de 2025).

Solomons, TWG; Fryhle, CB (2016) *Química orgânica volume 2*. 10<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: LTC.

Vicente, MDS, Vicente, M, Vicente, MA e Madaleno, LL (2024) ‘Resíduos agroindustriais utilizados para fabricação de etanol de segunda geração’, *Ciência & Tecnologia: Fatec-JB*, v. 16, n. 1, pp. 1-16. <https://doi.org/10.52138/citec.v16i1.394>