

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

Gabriela de Oliveira Lemos
Lucas Carvalho Grossi



PANORAMA DAS BIORREFINARIAS E BIOCOMBUSTÍVEIS
NO BRASIL: CONTRIBUIÇÕES PARA A TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA

RIO DE JANEIRO
2025

Gabriela de Oliveira Lemos
Lucas Carvalho Grossi

PANORAMA DAS BIORREFINARIAS E BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL:
CONTRIBUIÇÕES PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Química da
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do grau de Engenheiro de
Bioprocessos.

Orientadora: Yordanka Reyes Cruz

Rio de Janeiro
2025

CIP - Catalogação na Publicação

L557p Lemos, Gabriela de Oliveira
Panorama das biorrefinarias e biocombustíveis no
Brasil: Contribuições para a transição energética /
Lucas Carvalho Grossi / Gabriela de Oliveira
Lemos. -- Rio de Janeiro, 2025.
175 f.

Orientador: Yordanka Reyes Cruz.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, Bacharel em Engenharia de Bioprocessos,
2025.

1. Biorrefinarias. 2. Biocombustíveis. 3.
Transição energética.. I. Cruz, Yordanka Reyes,
orient. II. Título.

Gabriela de Oliveira Lemos
Lucas Carvalho Grossi

PANORAMA DAS BIORREFINARIAS E BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL:
CONTRIBUIÇÕES PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Química da
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do grau de Engenheiro de
Bioprocessos.

Aprovado em 09 de julho de 2025.

Yordanka Reyes Cruz, D.Sc. (DPO/EQ/UFRJ)

Aryane Azevedo Marciniak, D. Sc. (DPO/EQ/UFRJ)

Donato Alexandre Gomes Aranda, D. Sc. (DEQ/EQ/UFRJ)

Viviane de Souza Borges, M. Sc. (UFRJ)

Rio de Janeiro
2025

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, que marca a conclusão de uma etapa importante em nossas vidas.

Aos nossos pais, Daniela & Marcelo e Eloa & Vicente, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo durante toda a nossa trajetória. Sem o carinho e a compreensão de vocês, nada disso seria possível. Muito obrigada por terem feito sombra neste caminho de Sol. Vocês são o alicerce de todas as nossas conquistas.

Aos nossos avós, tios, tias, primos e primas, que sempre nos apoiaram como uma segunda casa, oferecendo acolhimento, conselhos e incentivo nos momentos mais desafiadores. Vocês são parte fundamental da nossa história, e cada gesto de carinho nos deu forças para seguir em frente. Muito obrigado por estarem presentes em cada passo.

À nossa professora orientadora, Yordanka Reyes Cruz, pela dedicação, sabedoria, compreensão e orientação valiosa em cada etapa deste projeto. Seu conhecimento, apoio e estímulo foram essenciais para que chegássemos até aqui.

Aos nossos amigos e colegas de curso, pelo companheirismo e pelas trocas que enriqueceram nossa jornada.

Por fim, a Deus, pela força, ânimo e luz que guiaram nossos passos até esta conquista.

A todos, nosso sincero obrigado.

RESUMO

DE OLIVEIRA LEMOS, Gabriela; CARVALHO GROSSI, Lucas. **Panorama das Biorrefinarias e Biocombustíveis no Brasil: Contribuições para a Transição Energética**. Rio de Janeiro, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Bioprocessos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

Este estudo examina a produção de biocombustíveis no Brasil, concentrando-se nas biorrefinarias e sua importância para a mobilidade ecológica. Para tal, foi conduzida uma revisão de literatura acerca dos princípios básicos das biorrefinarias, suas categorizações, tecnologias e matérias-primas empregadas. O estudo também identificou e descreveu as instalações industriais em funcionamento no país, com ênfase naquelas que cumprem os requisitos técnicos para biorrefinarias. Diversas rotas de conversão de biomassa foram levadas em conta, englobando processos bioquímicos, termoquímicos e físico-químicos, que permitem a produção conjunta de biocombustíveis líquidos e gasosos, bioenergia, matérias-primas químicas e alimentos. A pesquisa enfatizou a importância do etanol, biodiesel, biogás, diesel verde e bioquerosene de aviação como principais produtos das biorrefinarias do Brasil, além de sua utilização nos segmentos automobilístico e energético. Com base em informações atualizadas, analisou-se a localização geográfica das 429 instalações de biocombustíveis em operação no país, das quais 110 se classificam como biorrefinarias. A concentração dessas unidades foi maior na região Sudeste, seguida pela Centro-Oeste, refletindo a disponibilidade de matéria-prima e a infraestrutura logística. Na análise das matérias-primas empregadas, notou-se uma predominância do uso de cana-de-açúcar, milho, soja, palma de óleo e resíduos lignocelulósicos. Em relação ao etanol, as rotas de produção de primeira e segunda geração foram detalhadas, destacando o uso de resíduos como o bagaço e a palha da cana-de-açúcar. Além disso, o estudo discutiu a utilização do etanol na frota de veículos leves no Brasil, levando em conta fatores técnicos, ambientais e de eficiência energética em relação a combustíveis fósseis e outras fontes renováveis. Foram analisadas as políticas governamentais que apoiam o setor, como o RenovaBio e o Programa MOVER, ressaltando a relevância do quadro regulatório e dos estímulos à inovação e

à sustentabilidade. Os achados indicaram que as biorrefinarias no Brasil possuem capacidade para diversificar a fonte de energia, diminuir as emissões de gases de efeito estufa e fomentar o crescimento econômico na região. A expansão das biorrefinarias, juntamente com o reforço de políticas governamentais e a valorização de cadeias produtivas sustentáveis, constitui uma rota viável para a consolidação da bioeconomia e a transição energética no Brasil.

Palavras-chave: biorrefinarias; biocombustíveis; transição energética.

ABSTRACT

DE OLIVEIRA LEMOS, Gabriela; CARVALHO GROSSI, Lucas. **Panorama das Biorrefinarias e Biocombustíveis no Brasil: Contribuições para a Transição Energética**. Rio de Janeiro, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Bioprocessos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

This study analyzes biofuel production in Brazil, focusing on biorefineries and their contribution to sustainable mobility. To this end, a literature review was conducted to explore the fundamental concepts of biorefineries, their classifications, applied technologies, and the raw materials involved. The research also identified and characterized industrial plants operating in the country, with emphasis on those meeting technical criteria to be considered biorefineries. Various biomass conversion routes were considered, including biochemical, thermochemical, and physico-chemical processes, which enable the integrated production of liquid and gaseous biofuels, bioenergy, chemical inputs, and food. The study highlighted ethanol, biodiesel, biogas, green diesel, and aviation bio-kerosene as the main outputs of Brazilian biorefineries, along with their applications in the automotive and energy sectors. Based on updated data, the research analyzed the geographical distribution of 429 biofuel production plants in the country, among which 110 are classified as biorefineries. The Southeast region showed the highest concentration of these units, followed by the Midwest, reflecting the availability of raw materials and logistics infrastructure. Regarding feedstocks, sugarcane, corn, soybean, palm oil, and lignocellulosic residues were identified as the most commonly used. In the case of ethanol, both first- and second-generation production routes were examined, highlighting the use of by-products such as sugarcane bagasse and straw. Furthermore, the study addressed the use of ethanol in the Brazilian light-duty vehicle fleet, considering technical, environmental, and energy performance aspects compared to fossil fuels and other renewable sources. Public policies supporting the sector, such as RenovaBio and the MOVER program, were also analyzed, emphasizing the importance of regulatory frameworks and incentives for innovation and sustainability. The results indicate that Brazilian

biorefineries have the potential to diversify the energy matrix, reduce greenhouse gas emissions, and promote regional economic development. It is concluded that the expansion of biorefineries, combined with the strengthening of public policies and the enhancement of sustainable value chains, represents a viable path for consolidating the bioeconomy and advancing energy transition in Brazil.

Keywords: biorefineries; biofuels; energy transition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama esquemático do conceito de uma biorrefinaria.

Fonte: Adaptado e traduzido de Demirbas (2009).

Figura 2 – Conceito de biorrefinaria no cenário brasileiro.

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2011).

Figura 3 – Esquema de produtos originários das biorrefinarias.

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2011).

Figura 4 – Princípios básicos de uma biorrefinaria.

Fonte: Adaptado e traduzido de Kamm (2004).

Figura 5 – Esquema geral para uma biorrefinaria de cultivo integral.

Fonte: Kamm (2004).

Figura 6 – Rotas tecnológicas para a produção de etanol considerando diferentes matérias-primas.

Fonte: Fuess (2017).

Figura 7 – Fluxograma básico do processo de produção de etanol e açúcar.

Fonte: Vilela (2013).

Figura 8 – Produção típica de usina de açúcar e etanol no Brasil.

Fonte: Rodrigues (2011).

Figura 9 – Reação global da fermentação da sacarose em etanol e gás carbônico.

Fonte: CGEE & BNDES (2008).

Figura 10 – Estrutura da celulose.

Fonte: Fengel e Wegener (1989).

Figura 11 – Diferentes visões da distribuição da celulose cristalina e amorfa na microfibrila.

Fonte: Mosier et al.; Tenkanen et al. (citados em Rabelo, 2010).

Figura 12 – Estrutura parcial da molécula de hemicelulose.

Fonte: De Moraes et al. (2005).

Figura 13 – Estrutura dos álcoois precursores da lignina: p-coumarílico, coniferílico e sinapílico.

Fonte: Medina (2013).

Figura 14 – Reação de transesterificação.

Fonte: UFAC (2010).

Figura 15 – Resumo do posicionamento da esmagadora de soja no processo.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 16 – Representação do processo de refino da glicerina.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 17 – Unidade de esterificação.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 18 – Unidade de produção de diesel verde.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 19 – Presença das plantas de biogás no país.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 20 – Mapa das biorrefinarias de biogás no país.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 21 – Mapa das plantas produtoras de biodiesel no país.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 22 – Mapa das plantas produtoras de biodiesel no país que são interligadas a outras plantas.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 23 – Mapa das plantas produtoras de biodiesel com esmagadora de soja.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 24 – Mapa das plantas produtoras de biodiesel originário de óleo de palma.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 25 – Mapa das plantas produtoras de biodiesel com etapa de esterificação.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 26 – Mapa das plantas produtoras de etanol no país.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 27 – Mapa das plantas clássicas produtoras de etanol no país.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 28 – Mapa das usinas Flex produtoras de etanol no país.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 29 – Mapa das plantas produtoras de etanol com certificação ISCC CORSIA Plus.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 30 – Mapa das plantas produtoras de etanol de segunda geração no Brasil.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 31 – Mapa das biorrefinarias produtoras de etanol de cana-de-açúcar.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 32 – Mapa das biorrefinarias produtoras de etanol de milho.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 33 – Mapa das biorrefinarias produtoras de etanol de cana-de-açúcar e milho.
Fonte: Elaboração própria.

Figura 34 – Mapa das biorrefinarias produtoras de etanol de soja.
Fonte: Elaboração própria.

Figura 35 – Projetos anunciados de produção de SAF no Brasil.
Fonte: Elaboração própria.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Matérias-primas por quantidade de biorrefinarias de biogás.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 2 – Quantidade de biorrefinarias de biogás por classe de produtos.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 3 – Capacidade de produção de biogás em Metro Cúbico Normal por Dia (Nm³/dia).

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 4 – Resumo das classificações das biorrefinarias de biodiesel no país.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 5 – Representação das produções interligadas na produção de biodiesel nas biorrefinarias.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 6 – Capacidade de produção das plantas de biodiesel interligadas a outras plantas (Nm³/dia).

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 7 – Contabilização das biorrefinarias com esmagadora de soja em relação aos seus produtos finais.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 8 – Capacidade de produção das plantas de biodiesel com esmagadora de soja (Nm³/dia).

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 9 – Matérias-primas por quantidade de biorrefinarias de biodiesel que utilizam óleo de palma.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 10 – Contabilização das biorrefinarias que utilizam óleo de soja em relação aos seus produtos finais.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 11 – Capacidade de produção das plantas de biodiesel com óleo de palma como matéria-prima (Nm³/dia).

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 12 – Matérias-primas por quantidade de biorrefinarias de biodiesel com etapa de esterificação.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 13 – Contabilização das biorrefinarias de biodiesel com etapa de esterificação em relação aos seus produtos finais.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 14 – Capacidade de produção das plantas de biodiesel com etapa de esterificação (Nm³/dia).

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 15 – Matérias-primas das plantas produtoras de etanol no Brasil.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 16 – Tipo das biorrefinarias de etanol de cana que utilizam apenas um resíduo.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 17 – Produtos das biorrefinarias de etanol de cana que utilizam apenas um resíduo.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 18 – Tipo das biorrefinarias de etanol de cana que utilizam dois resíduos

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 19 – Produtos das biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam os resíduos do bagaço e leveduras.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 20 – Produtos das biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam os resíduos do bagaço e da vinhaça.

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 21 – Produtos das biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam três resíduos.

Fonte: Elaboração própria.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição centesimal de celulose, hemicelulose e lignina no bagaço de cana-de-açúcar sem pré-tratamento.

Fonte: MACHADO (2009).

Tabela 2 – Resumo das biorrefinarias de biogás no Brasil.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3 – Resumo das biorrefinarias de biodiesel no Brasil.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4 – Resumo das biorrefinarias de etanol no Brasil.

Fonte: Elaboração própria.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1. JUSTIFICATIVA | 21 |
| 1.2. OBJETIVO | 23 |
| 1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO | 23 |
| CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO | 25 |
| 2.1. BIORREFINARIAS | 25 |
| 2.1.1. Classificação de biorrefinarias | 27 |
| 2.2. BIOCOMBUSTÍVEIS | 31 |
| 2.2.1. Etanol | 33 |
| 2.2.1.1. Etanol de Cana-de-açúcar | 35 |
| 2.2.1.1.1. Recepção e preparo da cana | 36 |
| 2.2.1.1.2. Moendas | 37 |
| 2.2.1.1.3. Tratamento do caldo | 38 |
| 2.2.1.1.4. Torta de filtro | 38 |
| 2.2.1.1.5. Fermentação | 38 |
| 2.2.1.1.6. Destilação e desidratação | 39 |
| 2.2.1.2. Etanol de Milho | 39 |
| 2.2.1.2.1. Preparo da matéria-prima | 39 |
| 2.2.1.2.2. Moagem do milho | 40 |
| 2.2.1.2.3. Hidrólise enzimática | 41 |
| 2.2.1.2.4. Fermentação | 41 |
| 2.2.1.2.5. Destilação | 42 |
| 2.2.1.3. Etanol de Segunda Geração | 42 |
| 2.2.1.3.1. Celulose | 43 |
| 2.2.1.3.2. Hemicelulose | 45 |
| 2.2.1.3.3. Lignina | 45 |
| 2.2.1.3.4. Produção de Enzimas | 46 |
| 2.2.2. Biodiesel | 48 |
| 2.2.2.1. Esmagadora de Soja | 49 |
| 2.2.2.2. Bi-destilaria de Glicerina | 50 |
| 2.2.2.3. Glicerina | 51 |
| 2.2.2.4. Planta de Esterificação | 52 |
| 2.2.3. Diesel Verde | 53 |
| 2.2.3.1. Diferença entre biodiesel e diesel verde | 54 |
| 2.2.3.2. Hidrogenação | 54 |
| 2.2.3.3. Isomerização | 55 |
| 2.2.3.4. Separação | 56 |
| 2.2.4. Biogás / Biometano | 56 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.4.1. Digestão anaeróbia | 58 |
| 2.2.4.2. Pirólise | 50 |
| 2.2.4.3. Gaseificação | 59 |
| 2.2.4.4. Obtenção do biometano pela purificação do biogás | 59 |
| 2.2.5. Bioquerosene de aviação | 59 |
| 2.2.5.1. HEFA | 60 |
| 2.2.5.2. ATJ..... | 61 |
| 2.2.5.3. FT-SPK..... | 62 |
| 2.3. ANÁLISE DA FONTE DE COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS BRASILEIROS . | 62 |
| 2.3.1. Características dos veículos utilizados no Brasil..... | 63 |
| 2.3.1.1. Veículos Leves de Passeio | 63 |
| 2.3.1.1.1. Internal Combustion Engine - ICE | 63 |
| 2.3.1.1.2. Hybrid Electric Vehicle - HEV | 64 |
| 2.3.1.1.3. Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV)..... | 64 |
| 2.3.1.1.4. (Battery Electric Vehicle - BEV)..... | 64 |
| 2.3.1.2. Veículos Comerciais Leves | 54 |
| 2.3.1.3. Veículos Pesados e Agrícolas | 65 |
| 2.3.2. Análise Comparativa de Emissões CO2 entre as matrizes energéticas utilizadas nos veículos | 66 |
| 2.3.2.1. Veículos Leves de Passeio - Internal Combustion Engine - ICE..... | 66 |
| 2.3.2.2. Veículos Leves de Passeio - Hybrid Electric Vehicle - HEV..... | 67 |
| 2.3.2.3. Veículos Leves de Passeio - Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV | 67 |
| 2.3.2.4. Veículos Leves de Passeio - Battery Electric Vehicle - BEV..... | 68 |
| 2.3.3. Autonomia | 68 |
| 2.3.3.1. Veículos Leves de Passeio - Internal Combustion Engine - ICE..... | 68 |
| 2.3.3.2. Veículos Leves de Passeio - Hybrid Electric Vehicle - HEV..... | 69 |
| 2.3.3.3. Veículos Leves de Passeio - Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV | 71 |
| 2.3.3.4 Veículos Leves de Passeio - Battery Electric Vehicle - BEV..... | 71 |
| CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA..... | 73 |
| CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO | 75 |
| 4.1. ANÁLISE DE DADOS SOBRE AS BIORREFINARIAS..... | 75 |
| 4.1.1. Biogás | 75 |
| 4.1.2. Biodiesel | 79 |
| 4.1.2.1. Planta interligada à outra planta de produção diversa | 80 |
| 4.1.2.2. Plantas com esmagadora de soja | 82 |
| 4.1.2.3. Plantas com matéria-prima de óleo de palma..... | 85 |
| 4.1.2.4. Plantas com processamento de esterificação..... | 87 |
| 4.1.3. Etanol..... | 93 |
| 4.1.3.1. Biorrefinarias de etanol de segunda geração | 96 |
| 4.1.3.2. Biorrefinarias de etanol que utilizam como matéria-prima a cana-de-açúcar | 98 |
| 4.1.3.2.1. Biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam apenas um resíduo..... | 98 |

| | |
|--|------------|
| 4.1.3.2.2. Biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam apenas 2 resíduos..... | 100 |
| 4.1.3.2.3. Biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam 3 resíduos. | 102 |
| 4.1.3.3. Biorrefinarias de etanol que utilizam como matéria-prima o milho | 103 |
| 4.1.3.4. Biorrefinarias de etanol que utilizam como matéria-prima a cana-de-açúcar e o milho | 104 |
| 4.1.3.5. Biorrefinarias de etanol que utilizam como matéria-prima a soja | 105 |
| 4.1.4. Tendência das biorrefinarias brasileira | 109 |
| 4.2. POLÍTICAS PÚBLICAS E INCENTIVOS NO BRASIL PARA OS BIOCOMBUSTÍVEIS | 110 |
| 4.2.1. Incentivos para o etanol | 111 |
| 4.2.2. Incentivos para veículos elétricos | 112 |
| 4.2.3. Perspectivas futuras e sustentabilidade | 113 |
| CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO..... | 115 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 117 |
| ANEXO A - PLANTA DE BIOGÁS MAPEADAS | 132 |
| ANEXO B - PLANTAS DE BIODIESEL MAPEADAS..... | 134 |
| ANEXO C - PLANTAS DE ETANOL MAPEADAS | 145 |

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVA

As biorrefinarias constituem um modelo de ponta na conversão de biomassa em diversos produtos, incluindo biocombustíveis, bioquímicos e biomateriais, auxiliando na diversificação da matriz energética e na sustentabilidade ambiental. No Brasil, a adoção deste modelo tem se destacado devido à abundância de resíduos agroindustriais e à produção significativa de cana-de-açúcar, um insumo essencial para a fabricação de etanol e outros produtos derivados (EMBRAPA, 2011).

A incorporação dos procedimentos de transformação de biomassa nas biorrefinarias não apenas possibilita a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, mas também fomenta o crescimento econômico local, criando postos de trabalho e gerando renda. Além disso, políticas públicas e estímulos do governo têm incentivado a atualização tecnológica do setor, incentivando investimentos em pesquisa e desenvolvimento que aumentam a eficácia e competitividade da indústria brasileira (EMBRAPA, 2011).

Neste cenário, as biorrefinarias emergem como uma tática para lidar com os desafios da transição energética, combinando inovação tecnológica com o uso sustentável dos recursos naturais. A avaliação das cadeias de produção e dos obstáculos técnicos e econômicos presentes auxilia na formulação de estratégias unificadas que fomentem a mobilidade sustentável e o desenvolvimento econômico na nação (EMBRAPA, 2011).

No âmbito das biorrefinarias, a escolha das matérias-primas é um dos alicerces essenciais para o êxito dos processos de transformação da biomassa em produtos de elevado valor agregado. No Brasil, a cana-de-açúcar é a principal matéria-prima, graças à sua elevada produtividade e à sua vasta disponibilidade nas áreas produtoras. Ademais, resíduos produzidos na extração do suco, como o bagaço e a palha, além de outros subprodutos da agroindústria, estão sendo integrados às cadeias produtivas, expandindo as opções para a fabricação de biocombustíveis e bioquímicos (EMBRAPA, 2020).

A variedade de fontes de biomassa permite a fabricação de uma ampla variedade de bioprodutos, que vão desde etanol e biogás até substâncias químicas e biomateriais. Por exemplo, embora a cana-de-açúcar seja a matéria-prima para a

produção de etanol, os resíduos lignocelulósicos oriundos de plantações agrícolas e florestais podem ser transformados em energia ou empregados na produção de biopolímeros. Esta estratégia integrada não apenas maximiza a utilização dos recursos naturais, mas também promove a economia circular, convertendo resíduos em novos produtos, trazendo vantagens tanto ambientais quanto econômicas (EMBRAPA, 2013).

Além disso, a sustentabilidade e a competitividade das biorrefinarias estão diretamente ligadas à administração eficaz dos insumos. A adoção de práticas de agricultura sustentável, juntamente com o emprego de tecnologias de processamento de ponta, permite diminuir os efeitos nocivos ao meio ambiente e potencializar a eficiência dos processos industriais. Assim, o uso estratégico de resíduos agroindustriais e lignocelulósicos não só reduz a liberação de gases de efeito estufa, mas também impulsiona a criação de uma bioeconomia sólida e em sintonia com as demandas mundiais por sustentabilidade (EMBRAPA, 2020).

A conexão entre as biorrefinarias e o uso de etanol em automóveis demonstra uma sinergia estratégica que reforça a sustentabilidade do segmento automobilístico. As biorrefinarias transformam a biomassa em etanol de maneira integrada, assegurando um fornecimento constante deste combustível renovável e auxiliando na diversificação da matriz energética do país. Esse método é realizado para diminuir as emissões de gases de efeito estufa, incentivando uma mudança para um padrão de transporte mais ecológico e sustentável (EMBRAPA, 2013).

Ademais, a predominância de carros *flex* no Brasil destaca a relevância do etanol, uma vez que esses veículos possibilitam o uso de diferentes proporções de etanol e gasolina. O etanol originado das biorrefinarias é notável pela sua combustão mais ecológica, o que leva a uma menor liberação de poluentes e auxilia na diminuição da pegada de carbono no setor de transportes. Esta sinergia entre a fabricação de etanol e sua aplicação em automóveis destaca o papel das biorrefinarias na construção de uma economia de baixo carbono (LOCALIZA, 2022).

O progresso tecnológico das biorrefinarias e a melhoria na qualidade do etanol produzido têm aumentado a competitividade da cadeia produtiva do Brasil. Os aportes constantes em pesquisa e inovação permitem a produção de combustíveis mais eficazes que, quando utilizados em automóveis, geram melhorias notáveis em performance e sustentabilidade. Assim, a união entre biorrefinarias e a indústria automobilística favorece a segurança energética e o progresso socioeconômico,

traçando um panorama favorável para a ampliação do uso do etanol como combustível preferido no Brasil (EMBRAPA, 2020).

1.2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo geral analisar o panorama da produção de biocombustíveis no Brasil, com ênfase na estruturação, classificação e distribuição das biorrefinarias, bem como na sua contribuição para o fortalecimento da matriz energética renovável e para a mobilidade sustentável no país.

Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os conceitos fundamentais de biorrefinarias, suas classificações, tecnologias de conversão e matérias-primas utilizadas;
- Identificar e mapear as indústrias e plantas industriais brasileiras envolvidas na produção de biocombustíveis, com destaque para aquelas que atendem aos critérios técnicos de biorrefinarias;
- Identificar os diferentes tipos de matérias-primas empregados na produção de etanol, biodiesel e biogás, considerando os processos tecnológicos associados e os subprodutos obtidos;
- Analisar a viabilidade técnica da aplicação do etanol na frota brasileira de veículos leves, à luz das tecnologias veiculares disponíveis e do desempenho energético-ambiental comparativo entre as diferentes matrizes energéticas;
- Examinar o papel das políticas públicas, incentivos e programas nacionais no estímulo à expansão da bioeconomia, à inovação industrial e à integração energética promovida pelas biorrefinarias.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos, além dos anexos e referências bibliográficas.

Capítulo 1 – Introdução: apresenta a justificativa do tema, os objetivos gerais e específicos do estudo e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – Referencial Teórico: aborda os principais conceitos relacionados às biorrefinarias, incluindo suas definições, classificações e rotas tecnológicas. São exploradas também as diferentes modalidades de biocombustíveis produzidos no Brasil, como etanol, biodiesel, diesel verde, biogás e bioquerosene de aviação. Além disso, discute-se a compatibilidade entre esses combustíveis e os tipos de veículos presentes na frota nacional, bem como os impactos ambientais associados.

Capítulo 3 – Metodologia: descreve os procedimentos adotados para levantamento e análise de dados, incluindo critérios de classificação das biorrefinarias e fontes utilizadas para mapeamento das plantas industriais no território nacional.

Capítulo 4 – Resultados e Discussão: apresenta os dados levantados sobre as biorrefinarias brasileiras, segmentadas por tipo de biocombustível e características operacionais. São discutidas as tendências observadas no setor e o potencial de aproveitamento de matérias-primas diversas. Inclui também a análise sobre a viabilidade do uso do etanol como vetor energético na mobilidade veicular brasileira.

Capítulo 5 – Conclusão: sintetiza os principais achados do estudo, relacionando-os com os objetivos propostos, e apresenta considerações finais sobre o papel estratégico das biorrefinarias no contexto da transição energética nacional.

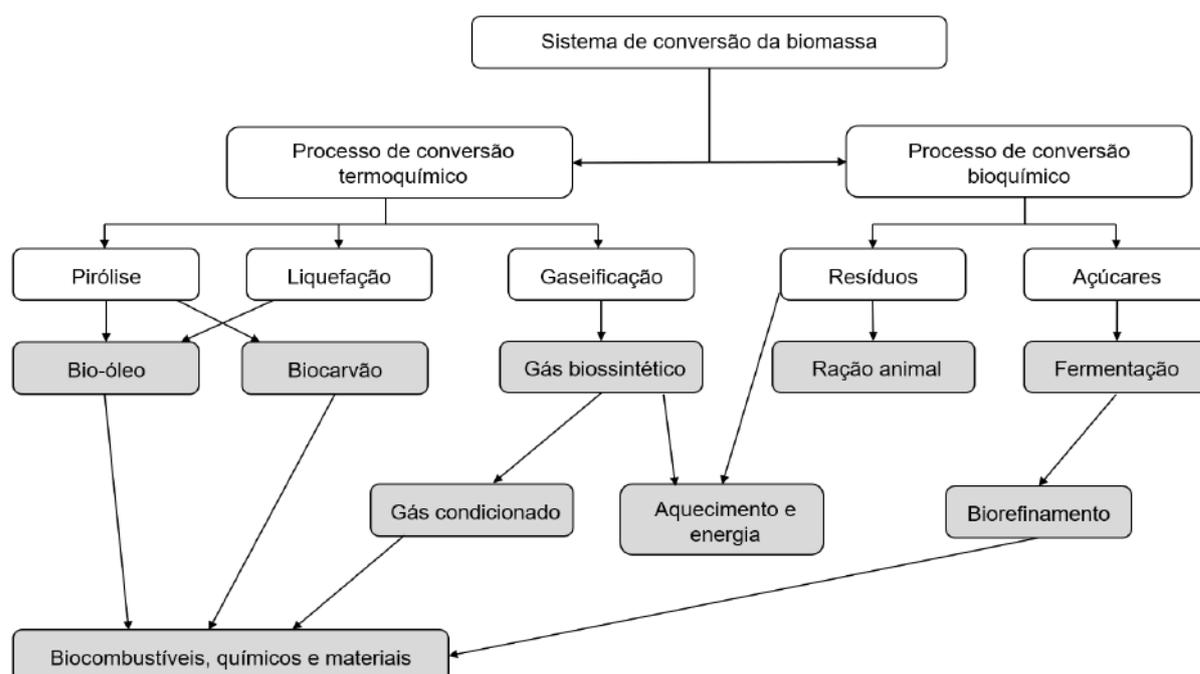
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. BIORREFINARIAS

De acordo com a Embrapa, as biorrefinarias fazem parte da agenda de pesquisa, desenvolvimento e inovação da maioria dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Para isso, são mobilizadas grandes quantias de recursos tanto do setor público quanto privado que visam o aproveitamento integral da biomassa. Deste modo, pode-se agregar a produção de produtos nas cadeias produtivas e reduzir os impactos ambientais.

As biorrefinarias apresentam diversas definições. Segundo a *American National Renewable Energy Laboratory*, que é o laboratório pertencente ao Departamento de Energia dos EUA e o mais importante de pesquisa e desenvolvimento de energias renováveis e eficiência energética dos Estados Unidos, define que biorrefinarias são todas as indústrias que convertem biomassa em combustíveis, energia ou produtos químicos. Por fim, Demirbas (2009) completou a primeira definição comentando que as biorrefinarias são análogas às refinarias de petróleo no qual múltiplos produtos são obtidos de uma matéria-prima, como está representado no diagrama abaixo.

Figura 1 - Diagrama esquemático do conceito de uma biorrefinaria.

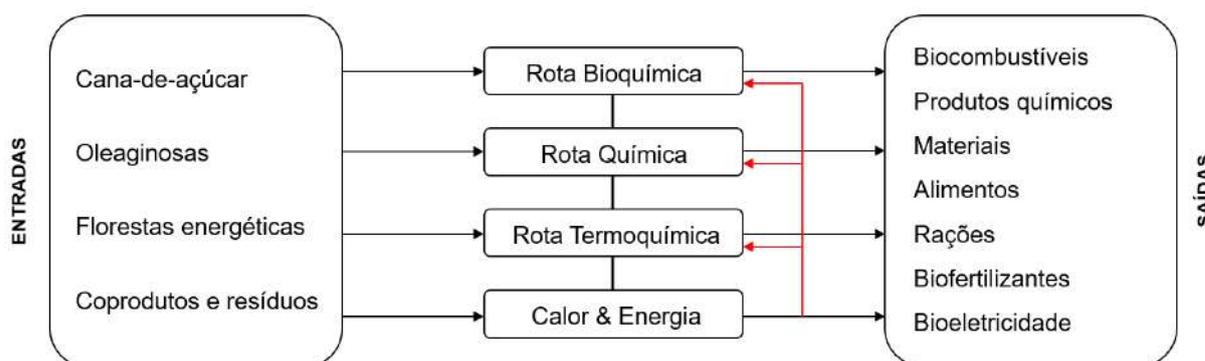


Fonte: Adaptado e traduzido de Demirbas (2009).

Já para a Agência Internacional de Energia (AIE), uma organização intergovernamental autônoma que fornece recomendações políticas, análises e dados sobre o sector energético global no qual o Brasil é um país associado, define biorrefinarias como o processamento sustentável de biomassa numa vasta gama de bioprodutos, como alimentos, rações, químicos, materiais, e de bioenergia para a produção de biocombustíveis, eletricidade e/ou calor.

De acordo com a Embrapa, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária que é vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil e tem como objetivo o desenvolvimento de tecnologias, conhecimentos e informações técnico-científicas voltadas para a agropecuária brasileira, a biorrefinaria é uma instalação que integra processos de conversão de biomassa em biocombustíveis, insumos químicos, materiais, alimentos, rações e energia. Desse modo, o objetivo de uma biorrefinaria é otimizar o uso de recursos e minimizar os efluentes, maximizando os benefícios e o lucro. Além disso, estas podem integrar diversas rotas de conversão – bioquímicas, microbianas, químicas e termoquímicas – em busca do melhor aproveitamento da biomassa e da energia nela contida. Na figura abaixo estão representadas diferentes rotas de produção a partir de matérias primas orgânicas.

Figura 2 - Conceito de biorrefinaria no cenário brasileiro.

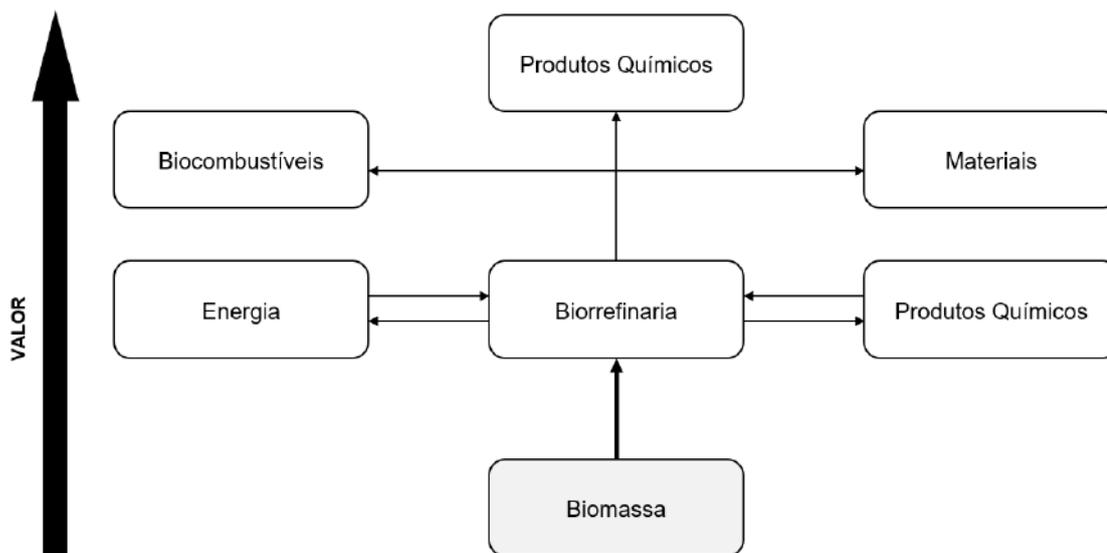


Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2011).

Portanto, pode-se referir às biorrefinarias como um tipo de planta industrial de processamento que utiliza biomassa como insumo e apresenta em seu processamento equipamentos altamente integrados para produzir uma gama de produtos de maior valor agregado, como já citados anteriormente.

Assim, nas biorrefinarias pode-se encontrar tanto a produção de produtos gerados em grandes volumes e de baixo valor econômico unitário como, por exemplo, os biocombustíveis, quanto a produção de produtos gerados em pequenos volumes, mas de alto valor agregado, como as especialidades químicas, aditivos, etc. (EMBRAPA, 2011). Abaixo tem um esquema de produtos originários das biorrefinarias.

Figura 3 - Esquema de produtos originários das biorrefinarias.



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2011).

De modo geral, no Brasil diversas agroindústrias operam segundo a lógica de biorrefinarias, tendo-se como maior exemplo as usinas de açúcar e etanol (EMBRAPA, 2013). Assim, as possibilidades oriundas do desenvolvimento das biorrefinarias e, conseqüentemente, do aproveitamento eficiente da biomassa, dos resíduos agrícolas e agroindustriais apontam para o enorme potencial econômico dessas instalações para o país. Contudo, o Brasil ainda apresenta grande demanda tecnológica nos setores químicos e agroindustriais, apesar de ocupar posição de destaque no agronegócio e na produção de biocombustíveis. (EMBRAPA, 2011)

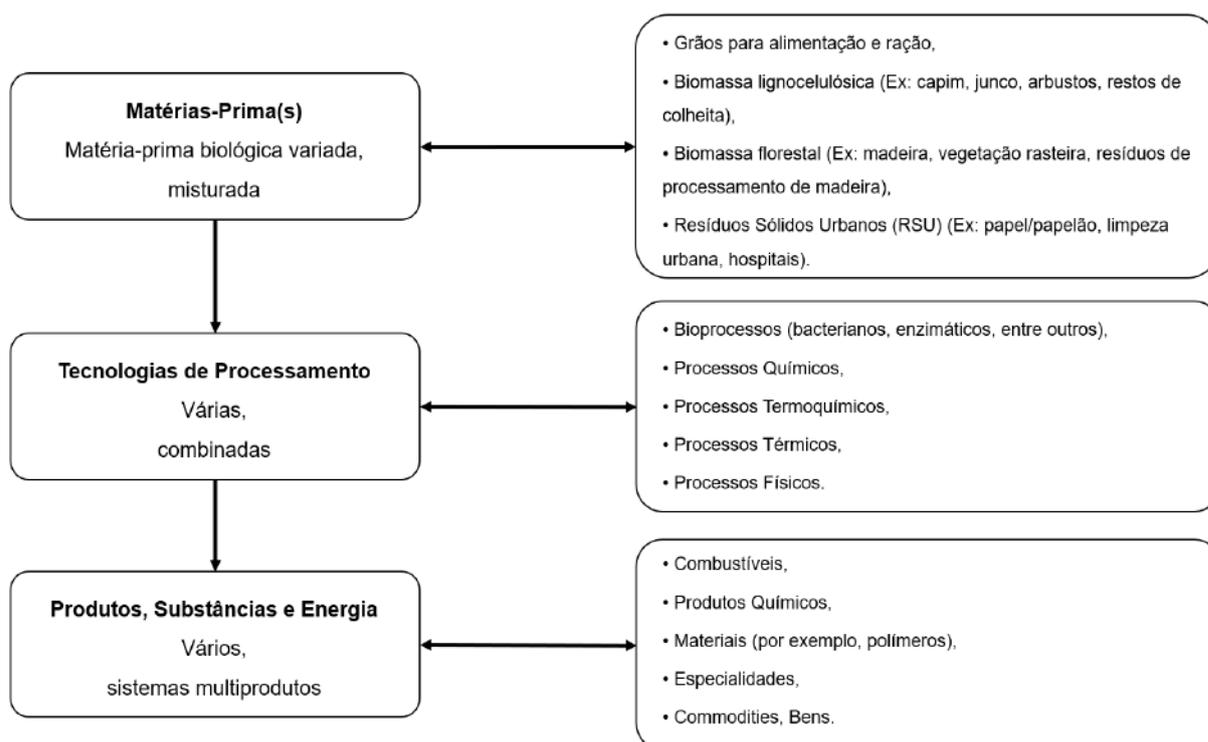
2.1.1. Classificação de biorrefinarias

As biorrefinarias são um conceito novo de produção industrial de produtos e, por conta disso, as classificações não estão bem definidas, não existindo uma classificação única para as biorrefinarias.

De acordo com Kamm et al. (2004), as biorrefinarias combinam as tecnologias necessárias para transformar matérias-primas biológicas em intermediários industriais

e produtos finais, fazendo uma analogia entre a biomassa e o petróleo, sendo em ambos necessária a separação primária nos principais grupos de substâncias. Em seguida, o tratamento e processamento dessas substâncias originam uma diversidade de produtos, como é possível ver na imagem abaixo.

Figura 4 - Princípios básicos de uma biorrefinaria.



Fonte: Adaptado e traduzido de Kamm (2004).

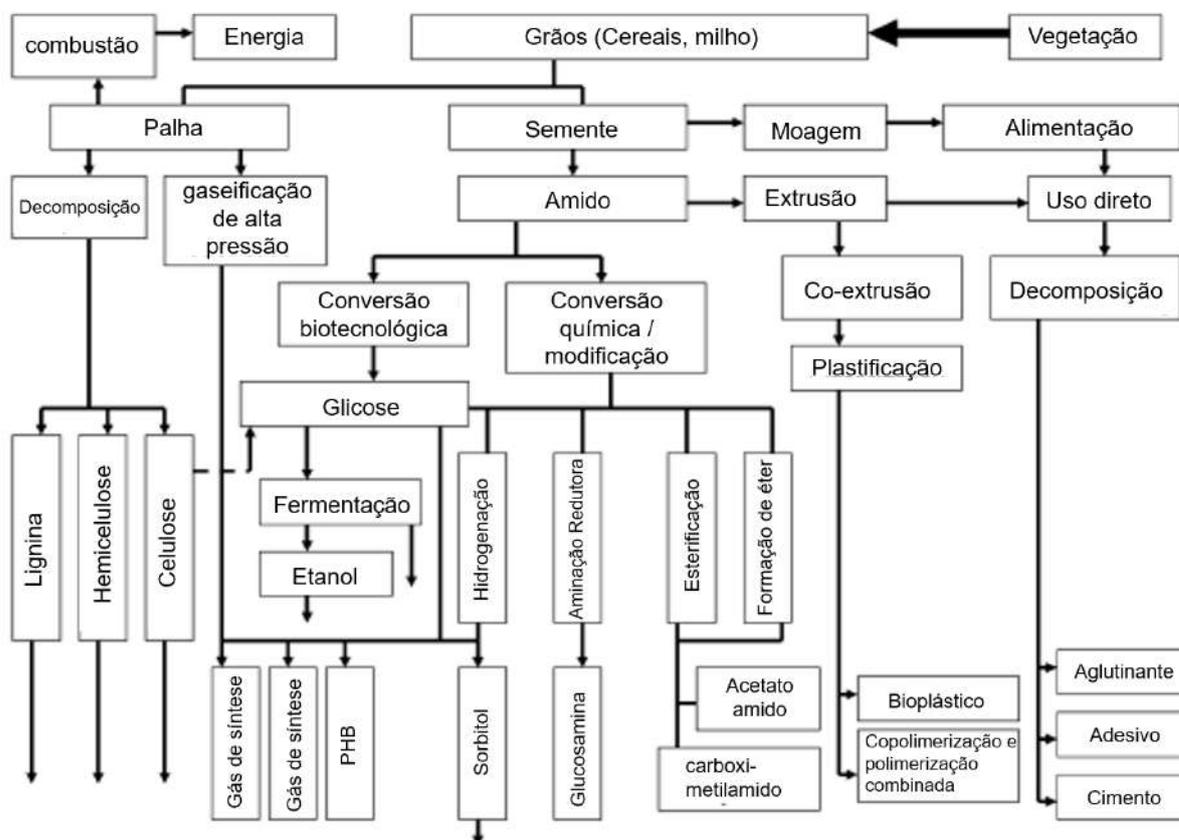
Desse modo, o desenvolvimento dessas biorrefinarias pode passar por três estágios classificatórios. De acordo com sua tese, Kamm explica que uma biorrefinaria de fase 1 quase não tem flexibilidade no processamento da matéria-prima, sendo um bom exemplo a planta de etanol de moagem a seco, que utiliza grãos como matéria-prima e tem uma capacidade de processamento fixa. Portanto, a produção de etanol, coprodutos e dióxido de carbono também é fixa.

Já nas biorrefinarias de fase 2 existe a capacidade de produzir diversos produtos finais a depender da demanda, sendo possível conectar linhas de produtos industriais com unidades agrícolas existentes. Um exemplo desse tipo de biorrefinaria são aquelas que utilizam a tecnologia de moagem úmida no qual é possível utilizar como matéria prima diversos grãos. Assim, de acordo com Kamm, a produção

integrada de plásticos biodegradáveis, açúcar e etanol em uma usina de açúcar convencional é um exemplo de uma biorrefinaria fase II.

Por fim, uma biorrefinaria de fase 3 pode produzir uma infinidade de produtos e de intermediários biológicos e químicos, sendo possível utilizar diversos tipos de matérias-primas e métodos de processamento. Estas inúmeras transformações a partir de bioprodutos são demonstradas na figura a seguir.

Figura 5 - Esquema geral para uma biorrefinaria de cultivo integral.



Fonte: Adaptado e traduzido de Kamm (2004).

A segunda classificação foi realizada por Cherubini et al. em 2009 no qual o foco na época do estudo era o aumento da participação de biocombustíveis no setor de transporte, o qual era um fator determinante para o desenvolvimento de processos avançados para produzir biocombustíveis líquidos e gasosos em biorrefinarias. Portanto, este era o principal motor para o desenvolvimento das biorrefinarias na Europa. Com essa perspectiva, desenvolveu-se um método de classificação para sistemas de biorrefinaria com foco principalmente em conceitos comerciais para a produção de grandes volumes de biocombustíveis para transporte.

A ideia básica desta abordagem de classificação é que cada sistema de biorrefinaria individual pode ser classificado usando as quatro características principais a seguir, listadas em ordem de importância (Cherubini et al., 2009):

I. Plataformas

Plataformas são intermediários que ligam matérias-primas e produtos finais. O conceito de plataforma é semelhante ao usado na indústria de refino, onde o petróleo bruto é fracionado em um grande número de intermediários que são posteriormente processados para uso energético e químico (Cherubini et al., 2009).

De acordo com Cherubini et al., algumas das plataformas mais importantes que podem ser reconhecidas como biorrefinarias com fins energéticos são: as de biogás da digestão anaeróbica; gás de síntese da gaseificação; hidrogênio da reação de deslocamento de gás-água; reforma a vapor; eletrólise da água; fermentação de açúcares C6, resultantes da hidrólise de sacarose, amido, celulose e hemicelulose para etanol; fermentação de açúcares C5, resultantes da hidrólise de hemicelulose; lignina do processamento de biomassa lignocelulósica; óleo de pirólise; óleo de culturas de sementes oleaginosas; algas e resíduos à base de óleo; eletricidade e calor.

II. Produtos

Os produtos das biorrefinarias são divididos em produtos energéticos e produtos materiais. Os sistemas de biorrefinarias direcionadas para produção de energia são aqueles onde a biomassa é usada principalmente para a produção de transportadores de energia alternativa, como os biocombustíveis. Outros produtos como ração ou produtos de base biológica são transformados em bioprodutos para obter maior valor agregado. Já os sistemas de biorrefinarias com foco na obtenção de bioprodutos geram principalmente produtos de base biológica e processam resíduos que podem ser posteriormente processados em outros bioprodutos ou usados para produzir energia (Cherubini et al., 2009).

III. Matéria-prima

É realizada uma distinção adicional entre as matérias-primas que vêm de culturas dedicadas e aquelas que vêm de resíduos de atividades agrícolas, florestais e industriais. As matérias-primas dedicadas podem ser culturas de açúcar, como cana-

de-açúcar; culturas de amido, como trigo, milho e sorgo; culturas lignocelulósicas, como madeira; culturas oleaginosas, como soja e óleo de palma; gramíneas e biomassa marinha. Já as matérias-primas de resíduos podem ser resíduos oleosos da indústria alimentícia, como gordura animal e óleo de cozinha usado; resíduos lignocelulósicos, como resíduos de colheitas; resíduos orgânicos como lixo urbano orgânico, esterco, frutas e plantações selvagens (Cherubini et al., 2009).

IV. Processos

Nas biorrefinarias vários processos tecnológicos podem ser aplicados para converter biomassa em produtos comercializáveis. Estes podem ser subdivididos em processos mecânicos ou físicos, como prensagem, moagem, separação e destilação, que não alteram a estrutura química dos componentes da biomassa; processos bioquímico como digestão anaeróbica, fermentação aeróbica e anaeróbica, que ocorrem em condições brandas usando microorganismos ou enzimas; processos químicos como hidrólise, transesterificação, hidrogenação e oxidação, onde ocorre uma mudança química na matéria-prima e processos termoquímicos como pirólise, gaseificação e combustão, onde a matéria-prima passa por condições extremas com ou sem um meio catalítico (Cherubini et al., 2009).

De modo geral, a maioria das classificações existentes atualmente baseiam-se no tipo de matéria-prima, tecnologia, estado da tecnologia da plataforma, principal produto e os produtos intermediários produzidos (CHERUBINI et al., 2009).

2.2. BIOCOMBUSTÍVEIS

De acordo com o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), os biocombustíveis são uma categoria de combustíveis derivados de matérias-primas orgânicas que podem ser usados para alimentar veículos, máquinas e usinas de energia, substituindo, de forma parcial ou total os combustíveis de origem fóssil (MME, 2023). Os biocombustíveis são originados de transformações tecnológicas da biomassa, sendo uma fonte de energia renovável com o potencial de descarbonizar o setor de energia e mitigar as emissões de gases de efeito estufa (EPE, 2023). Isso ocorre pois mesmo que a queima de combustíveis fósseis ou de biomassa libera dióxido de carbono na atmosfera, as plantas que geram a biomassa dos biocombustíveis mitigar essas emissões durante seu crescimento, pois capturam a

mesma quantidade de dióxido de carbono durante a fotossíntese (Ciclo fechado de carbono).

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) estabelece a regulação da indústria de petróleo, de gás natural e de biocombustíveis no país a fim de promover a livre concorrência, a garantia do abastecimento nacional e a proteção dos interesses dos consumidores quanto a preço, qualidade e oferta destes. Além disso, a agência concede autorizações para as atividades das indústrias reguladas, promove licitações e assina contratos em nome da União com os concessionários que abrangem a exploração, desenvolvimento e produção dos combustíveis e biocombustíveis. Por fim, a ANP também se encarrega de cumprir as normas nas atividades da indústria regulada, fiscalizando diretamente ou mediante convênios com outros órgãos públicos.

De acordo com a ANP, os biocombustíveis são substâncias derivadas de biomassa renovável, tal como biodiesel, etanol e outras substâncias estabelecidas em regulamento da ANP, que pode ser empregada diretamente ou mediante alterações em motores a combustão interna ou para outro tipo de geração de energia, podendo substituir parcial ou totalmente os combustíveis de origem fóssil (Redação dada pela Lei nº 12.490/11). Desse modo, os biocombustíveis regulados pela ANP são o etanol combustível (hidratado e anidro), biodiesel, diesel verde, bioquerosene de aviação e biometano.

Os biocombustíveis podem ser identificados como de primeira ou segunda geração, no qual os de primeira geração se referem a biocombustíveis produzidos a partir de matérias-primas que ocasionam competição com as indústrias de alimentos e rações, gerando preocupações éticas, políticas e ambientais. No caso do etanol, a produção de primeira geração é feita a partir de cana-de-açúcar, beterraba e culturas de amido (principalmente milho e trigo). Já para a produção de biogás de primeira geração realiza-se a digestão anaeróbica de misturas de amido derivado de milho, esterco, resíduos orgânicos e gramíneas. As principais vantagens dos biocombustíveis de primeira geração são devido ao alto teor de açúcar ou óleo das matérias-primas e sua fácil conversão em biocombustível (CHERUBINI, 2010).

Em contrapartida, os biocombustíveis de segunda geração têm sua matéria-prima em resíduos da agricultura, da silvicultura e da indústria, além de biomassas de culturas não alimentares, o que inclui a utilização de materiais lignocelulósicos, gramíneas perenes e florestas de curta rotação. Por exemplo, no caso do biogás de

segunda geração, este é produzido a partir de resíduos de biomassa e aterros sanitários (CHERUBINI, 2010).

2.2.1. Etanol

O etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) é uma substância orgânica obtida da fermentação de açúcares, hidratação do etileno ou redução a acetaldeído, sendo utilizado na indústria de alimentos, cosméticos e em motores de combustão interna com ignição por centelha (Ciclo de Otto) em substituição aos combustíveis fósseis (ÚNICA, 2008). Na produção de etanol gera-se o etanol anidro e hidratado. O álcool etílico anidro é caracterizado pelo teor alcoólico mínimo de 99,3° (INPM - Instituto Nacional de Pesos e Medidas), sendo composto apenas por etanol é utilizado como combustível para veículos, além de ser matéria-prima na indústria de tintas, solventes e vernizes. Já o álcool etílico hidratado é uma mistura hidroalcoólica com teor alcoólico mínimo de 92,6° (INPM) composto etanol é usado na indústria farmacêutica, alcoolquímica e de bebidas (NOVA CANA, 2017).

O Brasil encontra-se em uma posição destacada no que se refere à produção de etanol, por apresentar vantagens na tecnologia de produção, liderança na agricultura de energia e mercado de biocombustíveis. Até 1º de janeiro do ano de 2025, a produção de etanol a partir de cana-de-açúcar e de milho cresceu três por cento no acumulado da safra de 2024/2025 em comparação à temporada anterior, com cerca de trinta e quatro bilhões de litros. Isso foi possível graças ao aumento da produção do biocombustível a partir do milho de acordo com a União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA).

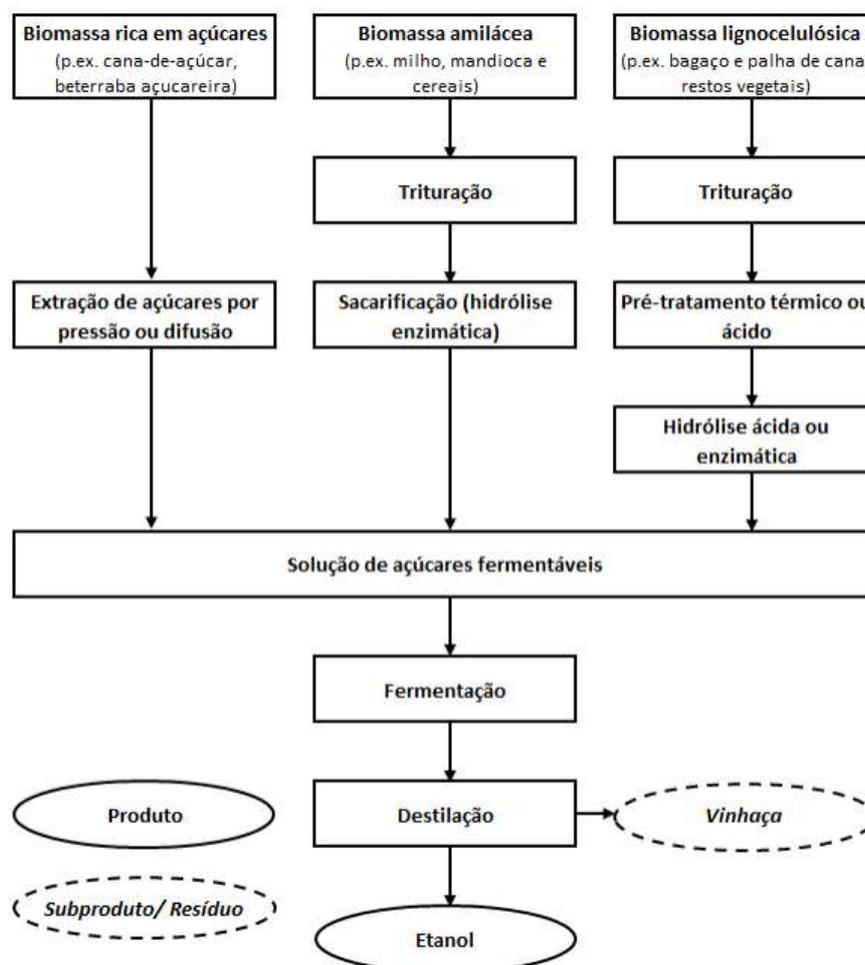
A produção de etanol de milho é mais uma opção para o setor sucroalcooleiro e uma contribuição adicional para a sustentabilidade na indústria automobilística, além de ser mais uma via de ingresso de investimentos e a geração de postos de trabalho no país (AGROADVANCE, 2024). Somado a isso, Fava Neves (2021) acrescenta que no modelo safra-safrinha, o milho complementa a cana-de-açúcar e equaliza o mercado de etanol, mitigando riscos de desabastecimento.

Atualmente existem três modelos de usinas de etanol de milho operando no Brasil. As usinas *Full* processam exclusivamente cana-de-açúcar ou milho para produção de etanol. Já as usinas *Flex* são plantas que processam cana-de-açúcar, mas que também são adequadas para produzir etanol de milho no período da

entressafra da cana. Por fim, há as usinas *Flex Full* no qual as usinas de processamento de cana e de milho operam paralelamente (AGROADVANCE, 2024).

A produção de etanol, independentemente do tipo de matéria-prima utilizada, ocorre a partir da fermentação da fonte de açúcar e destilação da solução alcoólica produzida durante o processo fermentativo. Entretanto, algum tipo de processamento a mais pode ser necessário a depender do tipo de matéria-prima utilizada no processo. No caso da cana-de-açúcar o caldo extraído pode ser diretamente levado às dornas de fermentação mediante as adequações prévias de teor de açúcares, nutrientes, pH e outros fatores. Já a utilização do milho requer uma etapa de pré-tratamento ácido ou enzimático antes da fermentação para tornar os açúcares redutores disponíveis. Por conta disso, a seguir abordaremos informações técnicas destas matérias-primas representadas abaixo em rotas tecnológicas para a produção de etanol (FUESS, 2017).

Figura 6 - Rotas tecnológicas para a produção de etanol considerando diferentes matérias-primas.



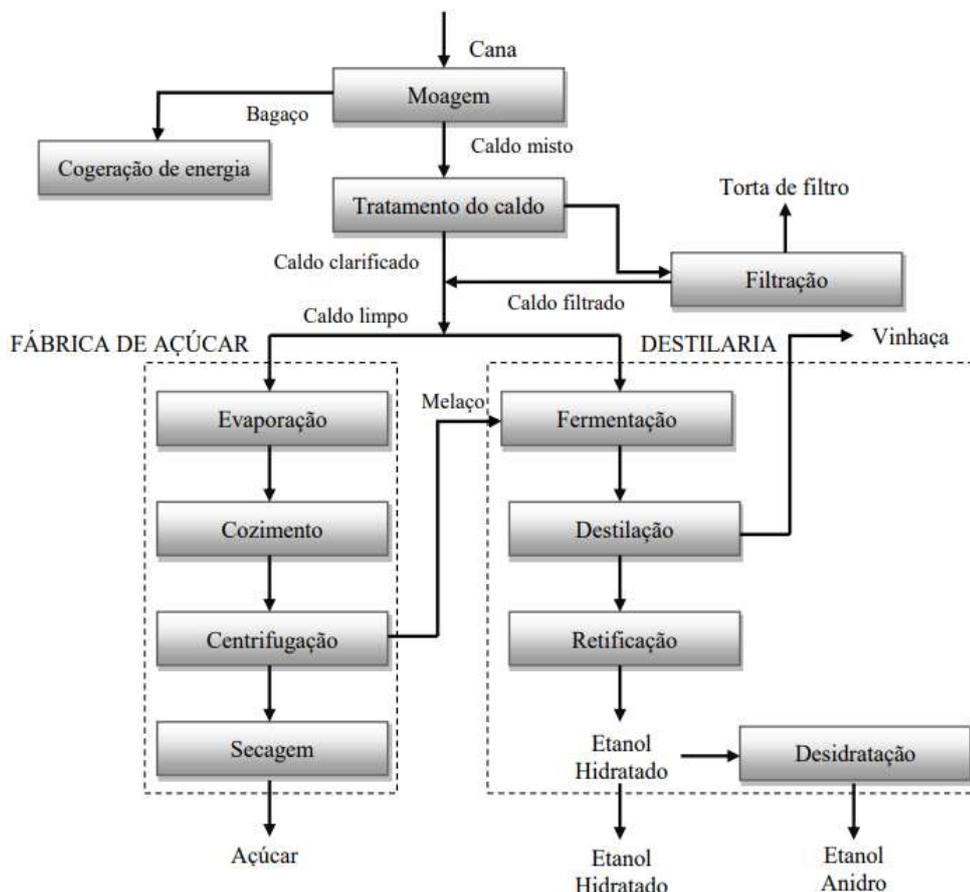
Fonte: FUESS (2017).

2.2.1.1. Etanol de Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma gramínea originária do sudeste asiático, sendo da família Poaceae que também é representada pelo milho, sorgo, arroz e muitas outras gramas (ROSILLO-CALLE et al., 2005). No Brasil, a cana-de-açúcar é a terceira cultura temporária em termos de ocupação de área, bem atrás da soja e do milho. Isso ocorre devido à excelente eficiência de Conversão fotossintética da cana, que permite uma produtividade excepcional.

A configuração industrial mais adotada no Brasil é a destilaria de etanol anexa à usina de açúcar devido às grandes vantagens decorrentes da produção simultânea desses dois produtos. No caso, destilarias anexas são aquelas que também produzem álcool a partir da fermentação do melaço que é um subproduto da produção de açúcar também pode ser chamado de mosto de melaço (OMETTO, 2005). No geral, o etanol é uma necessidade para as usinas já que não é econômico extrair todo o açúcar contido no caldo de cana. Dessa maneira, o processo de produção de açúcar e etanol pode ser visto abaixo.

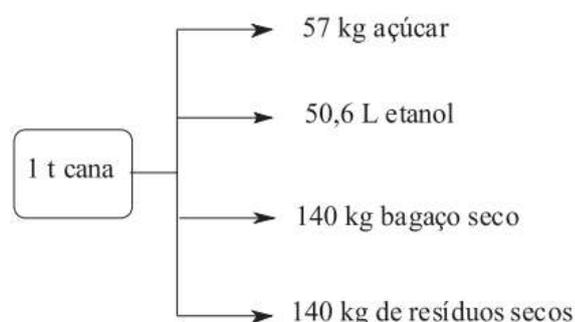
Figura 7 - Fluxograma básico do processo de produção de etanol e açúcar.



Fonte: VILELA (2013).

A produção de uma típica usina brasileira consiste em produzir açúcar, álcool e bagaço, como foi mapeado no tópico três. O açúcar é utilizado como alimento, o etanol é comercializado como combustível de veículos de transportes, pela indústria de bebidas e de cosméticos, e o bagaço de cana é usado para gerar energia para a própria usina e a sobra vendida para as concessionárias de eletricidade. Além disso, a sobra de fermento é vendida para a indústria de ração animal. Entretanto, a usina perde gás carbônico que poderá ser transformado em metanol (RODRIGUES, 2011). A figura a seguir demonstra em termos quantitativos a produção de uma usina no país.

Figura 8 - Produção típica de usina de açúcar e etanol no Brasil.



Fonte: RODRIGUES (2011).

2.2.1.1.1. Recepção e preparo da cana

A unidade industrial de recepção e preparo da cana-de-açúcar para a extração do caldo é responsável pelo condicionamento da cana por meio da limpeza e abertura das células para que o processo seja eficiente a fim de que haja a mínima perda de açúcares e a redução da umidade final do bagaço. Nesta etapa ocorrem também as análises de qualidade da matéria-prima (UNICAMP & CGEE, 2009). Essa seção é composta por equipamentos pesados e transportadores de bagaço e de cana, sendo essencial a otimização da sequência de operações de forma que os equipamentos possuam alto desempenho e atuem harmonicamente.

Após a colheita da cana, esta chega à usina com certa quantidade de terra e impurezas, sendo normalmente realizada uma lavagem a fim de retirar tais impurezas pois, caso não sejam removidas, estas exercem papel negativo em todo o processo industrial (RODRÍGUEZ, 2010). Contudo, esta lavagem só é realizada na cana que é colhida inteira a partir do corte manual pois a cana que é colhida mecanicamente é recebida na usina na forma de talos picados e, neste caso, o procedimento de lavagem

não é realizado devido às elevadas perdas de sacarose. Por esse motivo, algumas usinas utilizam o sistema de limpeza a seco, onde a cana é limpa a partir de ventiladores ou exaustores (UNICAMP & CGEE, 2009).

Em seguida, a cana é transportada para os equipamentos de preparo onde a cana-de-açúcar é nivelada e picada por dois conjuntos de facas rotativas (UNICAMP & CGEE, 2009). Para realizar o rompimento das células, o vegetal passa por um desfibrilador no qual um rotor com martelos oscilantes realiza o desfibramento da cana ao esfregá-la contra uma placa desfibradora. Desse modo, a cana é pulverizada e as células contendo açúcares são abertas, sendo possível extrair de forma mais fácil os açúcares nas moendas. Para obtenção de elevada eficiência de extração é necessário que pelo menos oitenta e dois por cento das células estejam abertas (RAMOS, 2010). Além disso, para se obter um bom preparo é necessário liberar a máxima quantidade possível do caldo proveniente da estrutura celular da cana de forma que não haja redução do tamanho da fibra (PAYNE, 1989).

2.2.1.1.2. Moendas

Após este preparo da cana, inicia-se o processo de extração do caldo que consiste na separação física da fração líquida do colmo, contendo açúcares (caldo), da fração de fibra de cana (bagaço), com o máximo de eficiência possível. Nas indústrias brasileiras utiliza-se majoritariamente a moagem para extrair o caldo por meio de fricção mecânica a partir de rolos de pressão e alimentação que submetem uma pressão mecânica à cana desfibrada (MARQUES, 2009). Esse sistema é chamado de moendas que pode ser composto por quatro a sete ternos em série, sendo um terno constituído de rolos de esmagamento (PELLEGRINI, 2009).

Nesse processo de separação física a sacarose é separada das fibras vegetais (PIACENTE, 2010). Em geral, o caldo extraído no primeiro terno é de melhor qualidade e, por isso, é enviado para a fábrica de açúcar. Já o restante do caldo segue para a destilaria. A eficiência de extração de açúcares varia entre noventa e quatro a noventa e sete e meio por cento e a umidade final do bagaço fica em torno de cinquenta por cento (UNICAMP & CGEE, 2009).

Para melhor extração dos açúcares da cana pode-se realizar a difusão no qual o caldo é extraído da cana desintegrada por um fluxo contracorrente de água (PIACENTE, 2010). Após o difusor, o bagaço é enviado para uma prensa para o deságue, originando o caldo de retorno. O bagaço e a palha da cana-de-açúcar

destacam-se no Brasil como as biomassas lignocelulósicas economicamente viáveis para a produção de combustíveis de baixo carbono (RABELO, 2010).

2.2.1.1.3. Tratamento do caldo

Após a extração, o caldo de cana é tratado para remover as impurezas dissolvidas e materiais insolúveis existentes (PELLEGRINI, 2009). Desse modo, o PH é corrigido para evitar a inversão e decomposição da sacarose (UNICAMP & CGEE, 2009), resultando em perdas mínimas durante os processos subsequentes (PELLEGRINI, 2009). Nesse tratamento existem diferenças de processamento para o caldo que produz açúcar do caldo que produz etanol. O caldo para açúcar sofre um procedimento mais rigoroso com a utilização de mais produtos químicos, visando separar, além de sólidos, corantes ou precursores de cor (CGEE & BNDES, 2008). Posteriormente, o caldo é submetido a tratamento químico, removendo as impurezas coloidais e solúveis, além de impurezas insolúveis que não foram eliminadas no peneiramento. Esta segunda etapa é composta pelos processos subsequentes de coagulação, floculação e precipitação, sendo as impurezas precipitadas eliminadas por sedimentação (CORTEZ et al, 2008).

2.2.1.1.4. Torta de filtro

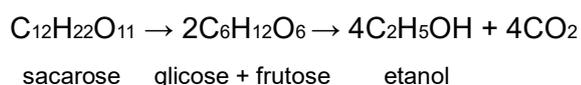
O lodo decantado é submetido à filtração para a recuperação do caldo a partir da utilização de filtros rotativos à vácuo (PELLEGRINI, 2009). Neste processo há a concentração dos sólidos que são lavados com água condensada e, esse novo caldo gerado, é enviado para nova decantação (CORTEZ et al, 2008). O líquido resultante da filtração retorna ao processo e o resíduo sólido, a torta de filtro, pode ser utilizada para fertilização nos campos de cultivo da cana-de-açúcar (OMETTO, 2005) ou a geração de etanol de segunda geração.

2.2.1.1.5. Fermentação

Nas usinas brasileiras o processo de fermentação mais utilizado é o de Melle-Boinot (VILELA, 2013) no qual parte do caldo clarificado é misturado com o mel final proveniente da fabricação de açúcar, formando o mosto que é enviado para as dornas de fermentação. Desse modo, o mosto é então misturado a leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* e fermentado por um período de oito a doze horas, dando origem ao vinho (mosto fermentado, com uma concentração de sete a dez por cento

de etanol) (CGEE & BNDES, 2008). Tais microrganismos convertem a sacarose em etanol e dióxido de carbono (CORTEZ, LORA, & GÓMEZ, 2008). Durante a reação no interior das dornas, que é demonstrada na figura a seguir, ocorre uma intensa liberação de dióxido de carbono e calor, dando origem a formação de produtos secundários como álcoois superiores, glicerol, aldeídos, dentre outros produtos (PELLEGRINI, 2009). A reação de

Figura 9 - Reação global da fermentação da sacarose em etanol e gás carbônico.



O vinho é enviado às centrífugas para a recuperação da levedura, que depois retorna às cubas para tratamento. Esta recuperação é realizada com centrífugas de alta eficiência (UNICAMP & CGEE, 2009). A fase menos densa da centrifugação (vinho de levedurado) é enviada para as colunas de destilação.

2.2.1.1.6. Destilação e desidratação

Como dito anteriormente, o etanol hidratado é a mistura hidroalcoólica com teor alcoólico mínimo de 92,6° GL e este pode ser estocado como produto final ou pode ser enviado para a coluna de desidratação para obtenção de etanol anidro. Desse modo, utilizando uma coluna de destilação extrativa com ciclohexano ou peneiras moleculares pode-se produzir o etanol anidro (PELLEGRINI, 2009).

2.2.1.2. Etanol de Milho

O processo produtivo de etanol de milho utiliza o amido presente no milho para, mediante o processo de fermentação, obter-se etanol e subprodutos. Contudo, são necessárias etapas adicionais de hidrólise na conversão da matéria-prima amilácea em açúcares fermentescíveis em comparação ao etanol de cana, utilizando enzimas como α -amilase, β -amilase e glucoamilase (VAN DER MAAREL et al., 2002).

2.2.1.2.1. Preparo da matéria-prima

No geral, a colheita do milho é realizada de forma mecânica através de colheitadeiras que separam a espiga do colmo e os grãos de milho da espiga, tendo como resíduo o sabugo e a palha (ZAMBRZYCKI; DO VALE; DANTAS, 2014). Na

planta de processamento, este milho é analisado para determinar a qualidade da matéria-prima (CONAB, 2015). Em seguida, o milho é seco de forma adequada para que a estabilidade de sua qualidade seja mantida, uma vez que quando armazenados os grãos estarão sujeitos a deterioração devido a fenômenos físicos, químicos e biológicos (MILANE, 2015; VOCA et al., 2009). Por fim, ocorre o processo de limpeza do milho no qual são retirados sabugos, folhas, caules e detritos remanescentes, podendo assim os grãos de milho serem armazenados em silos (RAUSCH, et al., 2019).

2.2.1.2.2. Moagem do milho

Quando removido da estocagem, o milho é moído por moinhos do tipo martelo e transformado em farinha de milho no qual o tamanho das partículas necessita ser uniforme, uma vez que afeta diretamente a conversão de etanol (GRIPPA, 2012). Esta moagem pode ser realizada por via seca ou úmida. Na moagem por via seca, todo o grão é processado, sendo os componentes residuais separados no final do processo (MOSIER; KLEIN, 2020). Os principais subprodutos obtidos são os grãos secos de destilaria (DDGs), os grãos úmidos de destilaria (WDGs) e o óleo de milho (D'ARCE; SPOTO; CASTELLUCCI, 2019).

Já na moagem por via úmida há a geração de mais subprodutos como o xarope de milho com alto teor de frutose, ácido cítrico, goma xantana, dextrinas, óleo refinado, fibras, farinha de glúten de milho, licor de maceração do milho, ração de glúten de milho e óleo de milho (MOSIER; KLEIN, 2020; RAUSCH et al., 2019). Para esta via é necessário antes da moagem realizar a maceração dos grãos com uma solução de dióxido de enxofre e de ácido láctico para promover uma melhor separação do amido e das proteínas do milho (MUSSOLINI, 2009). Essa separação dos componentes do milho permite que eles sejam processados separadamente, facilitando a produção dos variados subprodutos de alto valor agregado, no entanto, não se tem a produção de grãos de destilaria nesse modelo.

Apesar da moagem por via úmida apresentar uma melhor remoção dos sólidos e gerar um processo mais simplificado e eficiente de destilação (Saville, Griffin e MacLean, 2016), o processo por via seca é atualmente o mais utilizado devido aos custos operacionais serem inferiores aos de produção por via úmida (BNDES, 2008; CRIPWELL et al., 2020). Além deste fator, há a demanda crescente por DDGs.

2.2.1.2.3. Hidrólise enzimática

O milho, por ser rico em componentes amiláceos, necessita passar por um processo de hidrólise enzimática para transformar amido em açúcares fermentáveis (LI; DUAN; WU, 2016; SILVA et al., 2022). Deste modo, o amido contido na farinha de milho necessita ser hidrolisado para que os polímeros de amido sejam clivados em compostos de cadeia curta como maltose, dextrose e monômeros de glicose (SCIPIONI, 2011).

A primeira etapa de hidrólise é a gelatinização que também pode ser considerada como uma pré-hidrólise, pois precede à adição das enzimas. Nessa etapa o farelo de milho proveniente da moagem do grão é misturado com água em excesso e cozinhado até a gelatinização completa dos grânulos (SOUZA; ANDRADE, 2001). Isto é feito para separar a amilose e amilopectina presentes no amido, facilitando a ação da enzima α -amilase na etapa de liquefação visto que os grânulos de amido são insolúveis em água fria, mas quando a mistura da farinha de amido com água é cozida, os grânulos de amido começam a adsorver a água e inchar (KELSALL; LYONS, 2003; QUINTERO et al., 2008).

Em seguida inicia-se a etapa de liquefação no qual há a adição da enzima -amilase à pasta gelatinizada de amido de milho, transformando as moléculas de amilose e amilopectina em dextrinas e oligossacarídeos (BOTHAST; SCHLICHER, 2005). Por fim, ocorre a sacarificação no qual a solução anterior que foi gerada é resfriada e tem seu pH ajustado para que a sacarificação catalisada pela enzima glucoamilase seja realizada. Após a liquefação, a pasta de milho passa a se chamar “massa de milho” (MOSIER; KLEIN, 2020).

Quando a sacarificação é realizada previamente à fermentação tem-se o modelo de hidrólise enzimática de sacarificação e fermentação separada (SHF). Contudo, muitas indústrias também utilizam o modelo SSF no qual a etapa de sacarificação e fermentação são realizadas de forma simultânea (VÁSQUEZ et al., 2007). Neste último modelo a glicose formada pela enzima glucoamilase é imediatamente consumida e convertida em etanol, podendo assim reduzir a inibição gerada pela grande quantidade de substrato (POWER, 2003).

2.2.1.2.4. Fermentação

O processo fermentativo para a produção do etanol de milho assim como o etanol de cana-de-açúcar utiliza a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (PARAPOULI

et al., 2020). Na maioria das usinas sucroenergéticas brasileiras, o processo de fermentação ocorre em bateladas, sendo apenas os processos upstream (moagem e hidrólise) e downstream (destilação e recuperação) realizados continuamente. Desse modo, as instalações das usinas possuem geralmente uma série de biorreatores que se alternam durante a produção (MOSIER; KLEIN 2020).

Um ponto crítico na produção de etanol a partir de milho é que o fermento não pode ser separado do vinho fermentado, devido à natureza física do mosto de milho. Assim, após a fermentação todo o vinho é enviado para a destilação, não havendo a separação das leveduras (BELLUCO; ALCARDE, 2008). Com isso, existe um grande custo na adição de novas leveduras a cada processo fermentativo. Além disso, o tempo de fermentação na indústria de milho é superior ao de cana-de-açúcar (SOBRINHO, 2012).

2.2.1.2.5. Destilação

A destilação do vinho de origem da fermentação de milho é similar ao processo à base de cana, sendo a principal diferença a concentração de sólidos no vinho que é bem superior neste caso. Além disso, a concentração de etanol no vinho de origem do milho é de doze até dezoito por cento (v/v), o que é superior ao processo de cana-de-açúcar que gera de 7 até 12 por cento (v/v) de etanol (LOPES et al., 2016).

Na coluna de destilação o etanol do vinho de milho é destilado, gerando o etanol hidratado. Em seguida, o etanol é desidratado na coluna de retificação, gerando o etanol hidratado com teor alcoólico de 96% (CHIEPPE JUNIOR, 2012). O restante da mistura gera a vinhaça bruta que possui alta quantidade de sólidos em suspensão e, por isso, é novamente processada em uma etapa de centrifugação para separar a água residual de destilação, conhecida como vinhaça fina, dos sólidos que é chamado de torta úmida (MOSIER; KLEIN, 2020).

2.2.1.3. Etanol de Segunda Geração

O bagaço da cana gerado na cadeia de produção de açúcar e etanol pode ser utilizado como ração animal, combustível nas usinas e para produzir celulose (CAMARGO et al, 1990). No Brasil o bagaço da cana-de-açúcar é a biomassa lignocelulósica mais abundante de modo que é essencial que ocorra o aproveitamento desse resíduo principalmente com foco na produção do etanol de segunda geração.

O bagaço é composto por materiais lignocelulósicos, portanto, há diferentes concentrações em sua composição de celulose, hemicelulose e lignina que estão presentes na parede celular da planta. A celulose e a hemicelulose são polímeros polissacarídeos, já a lignina é uma macromolécula fenólica (JÚNIOR, 2015). Analisando os aspectos físico-químicos, a celulose é insolúvel em água com constituição de monômeros de glicose. Já a lignina está presente de modo polimerizada entre as camadas de celulose e ligadas de forma covalente à hemicelulose. Desse modo, as ligações de hemicelulose e lignina isolam e dificultam o acesso à celulose, um fator que também aumenta a sua resistência.

Tabela 1- Composição centesimal de celulose, hemicelulose e lignina no bagaço de cana-de-açúcar sem pré-tratamento.

| Celulose (%) | Hemicelulose (%) | Lignina (%) | Referência |
|--------------|------------------|-------------|------------------------|
| 37 | ND* | 24,6 | AGUIAR, MENEZES, 2000 |
| 32-48 | 19-24 | 23-32 | BANERJEE, PANDEY, 2002 |
| 46,86 | 27,50 | 26,27 | CANILHA et al., 2007 |
| 38,6 | 23 | 23 | EERE, 2007 |
| 34,4 | 33,4 | 20,3 | GOMES, 1985 |
| 54,55 | 26,75 | 10,44 | PIETROBON, 2008 |
| 41-44 | 25-27 | 20-22 | SEBRAE, 2005 |
| 43,8 | 25,8 | 22,1 | ROCHA, 2009 |
| 46,6 | 25,2 | 20,7 | ROSSEL, 2006 |

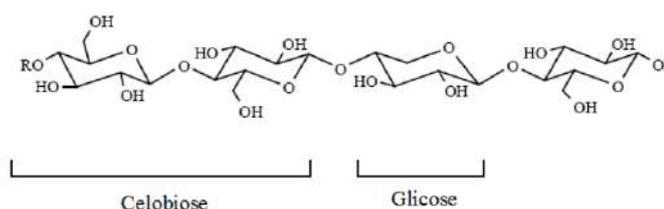
ND: não determinado

Fonte: MACHADO (2009).

2.2.1.3.1. Celulose

A celulose é o principal constituinte dos materiais lignocelulósicos, sendo uma molécula formada por anéis de β -D-glicopiranosose unidas por ligações do tipo β -D (1,4) glucosídicas de fórmula geral $(C_6H_{10}O_5)_n$. Esse polímero natural é um homopolissacarídeo linear cuja unidade repetitiva é a celobiose (RABELO, 2010). Abaixo está uma imagem da estrutura da celulose.

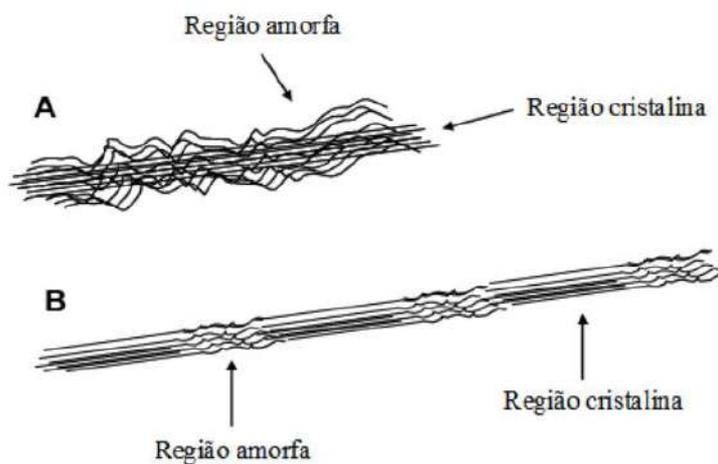
Figura 10 - Estrutura da celulose.



Fonte: Fengel e Wegener (1989).

Na celulose as cadeias de glicose são unidas por forças de Van der Waals e por ligações de hidrogênio na estrutura cristalina, o que forma a estrutura das fibrilas elementares. A junção desta forma as microfibrilas que apresenta as regiões cristalinas, no qual as microfibrilas apresentam uma elevada ordem, e as regiões amorfas que a estrutura das microfibrilas é menos organizada. De modo característico, a região cristalina apresenta maior resistência à tração, ao alongamento e à solvatação da fibra enquanto a região amorfa demonstra maior flexibilidade (RABELO, 2010). MOSIER et al. e TENKANEN et al. descrevem a celulose como semicristalina, ou seja, microfibrilas com regiões de elevada cristalinidade separadas por regiões amorfas, como por exemplo a imagem abaixo:

Figura 11 - Diferentes visões da distribuição da celulose cristalina e amorfa na microfibrila. **A:** Celulose cristalina no centro da microfibrila envolta pela estrutura amorfa. **B:** Regiões cristalinas e amorfas são repetidas ao longo da dimensão horizontal da celulose.



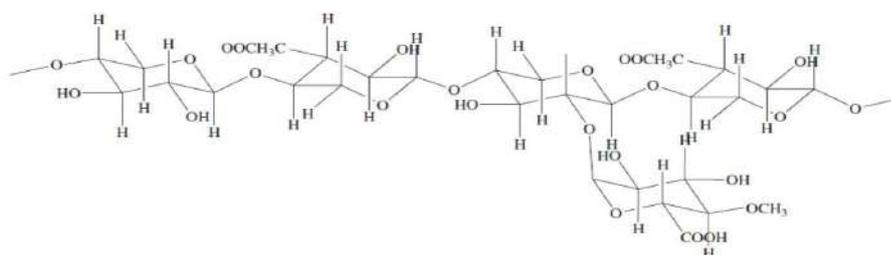
Estas fibras em contato com a água ou determinados solventes podem absorver o líquido (intumescimento). Este fenômeno pode ser intercrystalino, onde o agente intumescedor penetra nas regiões amorfas da microfibrila de celulose e nos espaços entre elas, sendo isto normalmente ocorrido com a água, ou intracrystalino no qual penetra-se nas regiões cristalinas das microfibrilas utilizando soluções concentradas de ácidos e bases fortes ou soluções de sais (D. ALMEIDA, 1988). Desse modo, pode-se realizar a hidrólise da celulose para obter polímeros menores. Em geral, os oligossacarídeos após hidrólises extensas se decompõem em celobiose e glicose (RABELO, 2010)

2.2.1.3.2. Hemicelulose

As hemiceluloses estão presentes em todas as camadas da parede celular das plantas, concentrando-se nas camadas primária e secundária onde estão associadas à celulose e à lignina. Os grupos de açúcares que formam as hemiceluloses são as pentoses, hexoses, ácidos hexenurônicos e desoxi-hexoses (RABELO, 2010). Além disso, as hemiceluloses diferem da celulose principalmente por sua constituição de diferentes unidades de açúcares, o que gera cadeias moleculares curtas e muito ramificadas.

As hemiceluloses são totalmente amorfas, logo, menos resistentes ao ataque de agentes químicos. Desse modo, a presença de hemicelulose junto à celulose resulta em importantes propriedades para as fibras, contribuindo para o intumescimento, mobilidade interna e aumento da flexibilidade das fibras (BIANCHI, 1995). Com isso, abaixo é possível identificar a imagem de uma estrutura parcial da molécula de hemicelulose.

Figura 12 - Estrutura parcial da molécula de hemicelulose.

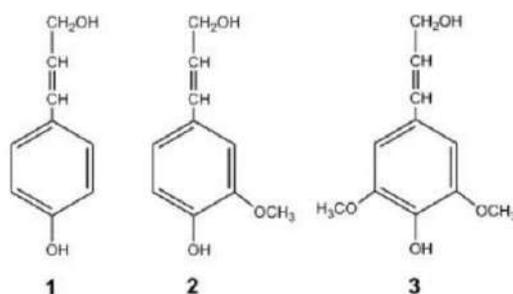


Fonte: De Moraes et al., 2005.

2.2.1.3.3. Lignina

A lignina está presente principalmente na lamela média e na parede secundária da planta pois é a substância que confere rigidez à parede das células. Tem a função de agente permanente de ligação entre as células, gerando uma estrutura resistente ao impacto, compressão e dobra (BRISTOW e KOLSETH, 1986). Sua estrutura apresenta regiões amorfas e estruturas globulares (BIDLACK et al., 1992), sendo uma macromolécula de estrutura irregular formada pelos álcoois pcoumarílico, coniferílico e sinapílico que são unidos por ligações de carbono e pela formação de teres ou unidades fenilpropânicas (JÚNIOR, 2015). Portanto, abaixo temos três estruturas de álcoois precursores.

Figura 13 - Estrutura dos álcoois precursores da lignina: p-coumarílico (1), coniferílico (2) e sinapílico (3).



Fonte: Medina, 2013.

Portanto, visto a dificuldade de acesso de tais estruturas químicas é necessário que a biomassa seja submetida a processamentos que são baseados na hidrólise enzimática para que, assim, seja viável a produção do etanol de segunda geração (OLIVEIRA, NUNES, SOUZA, 2020).

2.2.1.3.4. Produção de Enzimas

A fabricação de etanol de segunda geração (2G) é um progresso notável em comparação com o primeiro (1G), uma vez que possibilita a utilização de resíduos lignocelulósicos, como palha e bagaço de cana-de-açúcar. Estes detritos possuem celulose e hemicelulose, que são complexos de açúcares que necessitam ser decompostos por enzimas específicas para se tornarem fermentáveis. A implementação do etanol 2G auxilia na expansão da matriz energética sustentável e no aproveitamento mais eficiente da biomassa vegetal.

Neste processo, as principais enzimas empregadas são as celulasas, hemicelulasas e ligninases, encarregadas de decompor a parede celular vegetal. Por exemplo, as celulasas transformam a celulose em glicose, enquanto as hemicelulasas agem na hemicelulose, liberando xilose e outros açúcares. Normalmente, essas enzimas são produzidas por microrganismos como *Trichoderma reesei* e *Aspergillus niger*, que são cultivados em ambientes adequados para fermentação industrial (FAPESP, 2016).

A resistência da lignina, um polímero complexo e recalcitrante encontrado na biomassa vegetal, é um dos maiores obstáculos do processo. É habitual a utilização de pré-tratamentos físico-químicos que desestruturam a estrutura lignocelulósica, tornando mais fácil o acesso das enzimas à celulose e à hemicelulose. Este

procedimento é crucial para melhorar a eficácia da hidrólise enzimática e, por consequência, a produção de etanol (CTBE, 2018).

Nesse sentido, a técnica de pré-tratamento alcalino é frequentemente empregada para eliminar a lignina da biomassa lignocelulósica. Ele emprega bases como hidróxido de sódio (NaOH), hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) ou amônia para desfazer as ligações ésteres da lignina e dissolver parte da hemicelulose, como descrito anteriormente. Este procedimento torna a estrutura da biomassa mais permeável, facilitando a penetração das enzimas na celulose durante o processo de hidrólise. Trata-se de um método eficiente, porém requer atenção ao reaproveitamento do agente alcalino e ao tratamento dos efluentes produzidos (MORAIS et al., 2017).

Por outro lado, o pré-tratamento ácido emprega ácidos minerais, como o ácido sulfúrico diluído (H₂SO₄), para hidrolisar a hemicelulose e dissolver açúcares de cinco carbonos, como a xilose. Apesar de ser eficaz na quebra da hemicelulose, este procedimento pode resultar em subprodutos tóxicos, como furfural e ácido acético, que impedem a fermentação subsequente e requerem procedimentos de neutralização e purificação. No entanto, o procedimento é extensivamente pesquisado e utilizado em ambientes laboratoriais e industriais devido à sua relativa simplicidade (FERREIRA-LEITÃO et al., 2010).

O pré-tratamento através da explosão de vapor (*steam explosion*) é uma das técnicas mais promissoras para usos em grande escala. Envolve submeter a biomassa a vapor de alta pressão (180–220 °C) por alguns minutos, seguido de uma redução abrupta da pressão. Este procedimento altera a configuração física da biomassa, simplifica a remoção da lignina e amplia a oferta de celulose e hemicelulose. Esta é uma técnica vista como mais sustentável, uma vez que não requer reagentes químicos em diversas formulações e pode ser combinada com outras fases do processo (MANSFIELD et al., 1999).

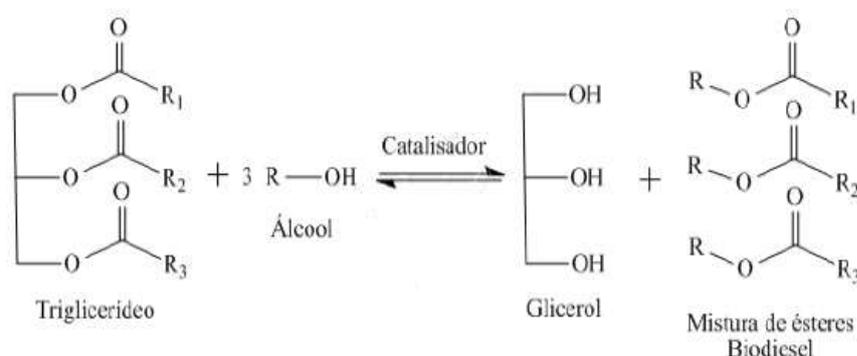
Depois do pré-tratamento, a biomassa é hidratada, um passo crucial para a transformação dos polissacarídeos estruturais (celulose e hemicelulose) em monossacarídeos fermentáveis. Esta fase pode ser executada através de hidrólise ácida ou enzimática, sendo a segunda mais seletiva e sustentável do ponto de vista ambiental. As enzimas empregadas - endoglucanases, exoglucanases e β-glicosidases - cooperam para converter polímeros em glicose e outros açúcares simples. A eficácia do pré-tratamento e a qualidade das enzimas utilizadas são fatores determinantes para a eficiência da hidrólise (CHUNDURI; GOMES, 2020).

O Brasil tem feito grandes investimentos na produção local de enzimas, com o objetivo de diminuir a dependência de produtos importados e reduzir os custos do etanol 2G. Entidades como a EMBRAPA, o CNPEM e o CTBE vêm realizando estudos aplicados e estabelecendo colaborações com companhias do ramo sucroenergético para impulsionar a biotecnologia industrial no país (EMBRAPA, 2022).

2.2.2. Biodiesel

O biodiesel é um combustível renovável produzido a partir de matérias-primas renováveis, tais como óleos vegetais originados da soja, palma, canola e dentre outros, além de gorduras animais, através do processo químico de transesterificação. Neste procedimento, os triglicerídeos contidos nos insumos reagem com um álcool de cadeia curta, comumente metanol, com a ajuda de um catalisador alcalino, gerando ésteres de ácidos graxos e glicerol como produto secundário. O biodiesel possui características semelhantes às do diesel de petróleo, sendo comumente usado em misturas, como o B10 (10% de biodiesel e 90% de diesel mineral), com o objetivo de diminuir a dependência de combustíveis fósseis e atenuar as emissões ligadas à combustão de produtos derivados do petróleo (ANP, 2023).

A utilização do biodiesel como uma alternativa ao diesel mineral traz vantagens ambientais e econômicas, principalmente pela diminuição da liberação de gases poluentes, tais como monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não queimados (HC) e partículas sólidas. Contudo, o biodiesel apresenta restrições operacionais, tais como menor estabilidade térmica e oxidativa, maior propensão para absorver água e formar depósitos nos sistemas de injeção, o que pode prejudicar o rendimento dos motores em longos períodos de utilização. Portanto, o uso de biodiesel geralmente está limitado a percentuais máximos de mistura, estabelecidos por normas técnicas e pelos produtores de veículos automotores (EMBRAPA, 2023). Abaixo temos uma representação da reação de transesterificação de um triglicerídeo com o etanol na presença de um catalisador, resultando em glicerol e biodiesel.

Figura 14 - Reação de Transesterificação.

Fonte: UFAC (2010).

A transesterificação é o método tecnológico predominante na produção de biodiesel em larga escala, envolvendo uma reação entre triglicerídeos e um álcool de cadeia curta, normalmente com catalisadores alcalinos homogêneos, como hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH). O procedimento pode ser realizado em ambiente alcalino ou básico, apesar de o método alcalino ser mais utilizado por sua alta velocidade de reação e menor custo de operação. A eficácia do processo de transesterificação é influenciada por elementos como a pureza dos ingredientes, a relação molar álcool/óleo, a temperatura e o tempo de reação. É imprescindível um controle estrito desses elementos para assegurar uma conversão elevada e a qualidade do biodiesel produzido (SPEIGHT, 2019).

2.2.2.1. Esmagadora de Soja

A unidade industrial de esmagamento de soja pode estar presente na produção de biodiesel, encarregada de extrair o óleo bruto da semente de soja. O procedimento inclui fases como higienização, secagem, trituração, prensagem e extração a solvente, gerando dois produtos principais: o óleo de soja *in natura*, que é usado na produção de biodiesel por meio da transesterificação, e o farelo de soja, usado como subproduto na indústria de ração animal. A eficácia na extração do óleo e a qualidade da matéria-prima obtida têm um impacto direto no rendimento e na viabilidade financeira da produção de biodiesel em grande escala, conforme apontado pela ABIOVE (2023).

Depois de extraído o óleo bruto na unidade de esmagamento, o material é submetido a processos de purificação para eliminar impurezas, tais como fosfatídeos, ácidos graxos livres, pigmentos e resíduos metálicos. Este procedimento é crucial para assegurar a qualidade do óleo usado na transesterificação, uma vez que a

existência de impurezas pode afetar adversamente a eficácia da reação e a estabilidade do biodiesel gerado. O processo de refino pode ser feito através de processos físicos ou químicos, conforme a composição do óleo e as normas estabelecidas pela indústria de biocombustíveis (EMBRAPA, 2020). A figura a seguir exemplifica como a esmagadora de soja faz parte do processo produtivo.

Figura 15 - Resumo do posicionamento da esmagadora de soja no processo.



Fonte: Elaboração própria.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de biodiesel produzido a partir do óleo de soja, destacando a relevância da cadeia produtiva da oleaginosa neste setor energético. A conexão entre a agricultura, a indústria de esmagamento e as fábricas de biodiesel é um método eficaz de utilização de recursos renováveis, gerando benefícios ambientais e socioeconômicos relevantes no cenário da matriz energética do país (MAPA, 2023).

2.2.2.2. Bi-destilaria de Glicerina

A unidade industrial de bi-destilação de glicerina é responsável pelo processamento e purificação da glicerina em estado bruto, um subproduto da produção de biodiesel. No processo de transesterificação, cerca de dez por cento do biodiesel produzido é composto por glicerina, que inicialmente apresenta impurezas como água, resíduos de catalisadores, álcoois residuais, sabões, além de matéria orgânica e inorgânica. A destilação é uma das fases cruciais no processamento deste subproduto, possibilitando a separação dos componentes voláteis e a produção de glicerina com elevada pureza, geralmente superior a noventa e seis por cento (BRASIL, 2015).

A purificação da glicerina inclui procedimentos como neutralização, decantação, evaporação a vácuo e destilação fracionada. Primeiramente, os ácidos são empregados para neutralizar os sabões produzidos durante a transesterificação, favorecendo a libertação da glicerina sem restrições. Após a remoção de resíduos orgânicos e água através da evaporação controlada, o material é preparado para a destilação em colunas a vácuo, o que previne a degradação térmica da glicerina durante o aquecimento. A glicerina destilada resultante possui características apropriadas para aplicação nos setores farmacêutico, cosmético, alimentício e químico (EUROPA CROWN, 2021). A figura a seguir demonstra as etapas da destilação de glicerina.

Figura 16 - Representação processo do refino da glicerina.



Fonte: Elaboração própria.

A operação de bi-destilarias, além de agregar valor ao subproduto do biodiesel, auxilia na sustentabilidade da cadeia de produção, diminuindo a produção de resíduos e expandindo o uso de matérias-primas renováveis. A combinação de usinas de biodiesel e bi-destilarias possibilita uma estratégia de biorrefinaria, na qual diversas partes do processo são convertidas em produtos de valor comercial. Este modelo consolida os preceitos da economia circular e da utilização eficaz dos recursos, reforçando a viabilidade econômica e ecológica do segmento de biocombustíveis no Brasil (MAPA, 2023).

2.2.2.3. Glicerina

A glicerina é um subproduto importante produzido na fabricação de biodiesel. Ela é o resultado da reação de transesterificação entre triglicerídeos presentes em óleos vegetais ou gorduras animais e um álcool de cadeia curta, como o metanol, com o auxílio do catalisador. Esta reação gera ésteres de ácidos graxos (biodiesel) e

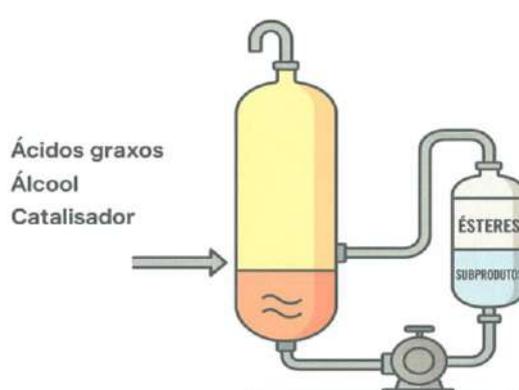
glicerol (glicerina). Cada cem litros de biodiesel produzido resultam em cerca de dez litros de glicerina bruta. Contudo, essa glicerina apresenta impurezas tais como metanol, água, sabões, sais e resíduos de catalisadores, exigindo processos de purificação para sua utilização em usos industriais (LIU et al, 2022).

A produção de biodiesel tem provocado um crescimento na produção de glicerina bruta, gerando tanto desafios quanto possibilidades para o setor industrial. Ao ser purificada adequadamente, a glicerina pode ser empregada em várias áreas, como as indústrias farmacêutica, cosmética, de alimentos e química, agregando valor ao subproduto e auxiliando na viabilidade econômica do processo de produção de biodiesel. A instalação de bi-destilarias nas usinas de biodiesel possibilita a utilização completa da glicerina, incentivando uma estratégia de biorrefinaria e potencializando a sustentabilidade da cadeia de biocombustíveis (OLIVEIRA et al, 2022).

2.2.2.4. Planta de Esterificação

A unidade de esterificação é empregada no tratamento de óleos com alto conteúdo de ácidos graxos livres (AGL), como os originados de resíduos alimentares, sebo de boi ou óleo de palma *in natura*. Em matérias-primas de alta acidez, a transesterificação alcalina é tecnicamente impraticável, já que os AGL interagem com o catalisador, resultando em sabões que complicam a distinção entre as fases. Neste cenário, a esterificação é utilizada como um passo prévio, facilitando a transformação de ácidos graxos livres em ésteres através da reação com metanol, com o auxílio de catalisadores ácidos, como o ácido sulfúrico. A diminuição do teor de acidez habilita o óleo a ser submetido à transesterificação subsequente, maximizando a utilização da carga lipídica (MENDES et al., 2019).

Figura 17 - Unidade de esterificação.



Fonte: Elaboração própria.

A operação de uma unidade de esterificação requer reatores com regulação de temperatura e sistemas de agitação, onde se dá a combinação entre AGL, álcool e catalisador. Depois da reação, os produtos são submetidos a unidades de separação, lavagem e secagem para eliminar o metanol remanescente e os subprodutos. A inclusão desta fase possibilita a utilização de matérias-primas com variadas propriedades químicas e permite o tratamento de resíduos a um custo reduzido, favorecendo a eficácia do processo de fabricação de biodiesel (SANTOS; PACHECO; SILVA, 2021).

2.2.3. Diesel Verde

O diesel verde, também conhecido como diesel renovável ou HVO (Óleo de Vegetal Hidrogenado), é um biocombustível obtido através da hidrogenação catalítica de óleos vegetais ou gorduras animais. Este processo transforma as cadeias de ácidos graxos em hidrocarbonetos através da reação com o hidrogênio a altas temperaturas e pressões. Ao contrário do biodiesel tradicional, que é produzido através da transesterificação e gera ésteres, o diesel verde tem uma composição química semelhante à do diesel de petróleo, possibilitando seu uso direto em motores diesel, sem a necessidade de modificações técnicas ou restrições de mistura. Ademais, o item possui propriedades físico-químicas alinhadas aos critérios de desempenho e armazenamento estabelecidos pela indústria automobilística e pelas diretrizes de qualidade para combustíveis líquidos (ANP, 2023).

O procedimento para a fabricação do diesel verde é segmentado em três fases fundamentais: hidrogenação, isomerização e separação. Na fase de hidrogenação, os triglicerídeos contidos nos insumos são transformados em alcanos através da reação com o hidrogênio, com o auxílio de catalisadores metálicos, comumente compostos de níquel, cobalto ou paládio. Depois, acontece a isomerização, na qual a estrutura linear dos hidrocarbonetos é reorganizada para aprimorar características como o ponto de fluidez e a estabilidade a temperaturas baixas. Em última análise, o produto é purificado durante a fase de separação, gerando um combustível quase isento de oxigênio, enxofre e aromáticos, adequado para os sistemas de distribuição e motores em uso atualmente. Essas características diferenciam o diesel verde de outros biocombustíveis e tornam possível sua aplicação como substituto integral ao diesel mineral (EMBRAPA, 2023). Abaixo podemos ver uma ilustração que representa a produção do diesel verde.

Figura 18 - Unidade de produção de Diesel Verde.



Fonte: Elaboração própria.

2.2.3.1. Diferença entre biodiesel e diesel verde

O biodiesel e o diesel verde são combustíveis feitos a partir de recursos renováveis. No entanto, apresentam diferenças consideráveis nos processos de fabricação e na composição final. Esta diferenciação química resulta em propriedades físico-químicas distintas e restrições de aplicação nos motores (ANP, 2023).

No que diz respeito à aplicação, há limitações na proporção de biodiesel em relação ao diesel de petróleo, devido a sua menor estabilidade oxidativa e maior propensão a formar depósitos nos sistemas de injeção. Por outro lado, o diesel verde pode ser usado tanto puro quanto misturado ao diesel convencional, sem a necessidade de alterações nos motores, já que sua estrutura está em conformidade com os padrões estabelecidos pelos fabricantes de veículos e regulamentos de combustíveis. Ademais, o diesel verde apresenta desempenho superior em temperaturas baixas e maior concentração de cetano, contribuindo para a eficácia da combustão e diminuição das emissões (EMBRAPA, 2023).

2.2.3.2. Hidrogenação

A fase de hidrogenação na produção de diesel verde, também chamada de HVO (Óleo de Vegetal Hidrotratado), envolve a reação de óleos vegetais ou gorduras animais com hidrogênio molecular, normalmente a altas temperaturas e pressões, com a ajuda de catalisadores metálicos. Esta reação visa eliminar heteroátomos encontrados nas matérias-primas, tais como oxigênio, nitrogênio e enxofre, através de processos como a hidroxigenação (HDO), a hidroxigenação (HDN) e a hidroxigenação (HDS). O procedimento é comumente realizado em reatores de

leito fixo, empregando catalisadores de níquel, molibdênio e cobalto, ancorados em alumina. Pode ser empregado tanto em unidades exclusivas quanto em refinarias adaptadas (LIMA, A. Q. A. et al., 2021).

Ao longo do processo de hidrogenação, as cadeias de ácidos graxos são transformadas em alcanos lineares, resultando na criação de hidrocarbonetos com estrutura similar à do diesel de origem fóssil. As circunstâncias operacionais, tais como temperatura, pressão do hidrogênio e a proporção de hidrogênio/matéria-prima, afetam diretamente o rendimento e a composição do produto final. Depois deste passo, pode ocorrer uma sequência de processos de isomerização ou craqueamento leve para ajustar as características do combustível. O combustível verde produzido está isento de aromas e poluentes, sendo composto majoritariamente por parafinas lineares (SOARES, I. P., 2020).

2.2.3.3. Isomerização

A isomerização é uma etapa complementar no processo de produção de diesel verde, aplicada após a hidrogenação para modificar a estrutura dos hidrocarbonetos obtidos, convertendo alcanos lineares em isômeros ramificados. Essa transformação é realizada com o objetivo de ajustar propriedades físico-químicas do produto final, como o ponto de fluidez e a estabilidade térmica, de forma a atender às especificações exigidas para o combustível. O processo ocorre em presença de catalisadores bifuncionais, que combinam propriedades ácidas e metálicas, sendo normalmente à base de platina ou paládio suportados em zeólitas ou alumina modificada (SANTANA, 2023).

Ao longo do processo de isomerização, o diesel verde já hidrogenado é exposto a temperaturas entre duzentos e cinquenta graus Celsius e quatrocentos graus Celsius, sob pressão moderada e sob atmosfera de hidrogênio, em reatores contínuos. A eficácia do procedimento está relacionada à composição da carga, à acidez do catalisador e à seletividade para as modificações pretendidas. É essencial a existência de catalisadores com um equilíbrio apropriado entre acidez e atividade metálica para maximizar a produção de isômeros sem resultar em produtos leves indesejados por craqueamento secundário. O produto final exige aprimoramento em características como a performance em temperaturas baixas e a estabilidade à oxidação (CARDOSO, 2023).

2.2.3.4. Separação

A etapa de separação no processo de produção do diesel verde ocorre após as reações químicas principais, como a hidrogenação e a isomerização. Seu objetivo é fracionar os produtos gerados e remover compostos indesejados ou secundários, como hidrocarbonetos leves, gases não condensáveis e resíduos de catalisador. Essa separação é geralmente realizada por meio de unidades de destilação, onde a mistura de hidrocarbonetos é fracionada de acordo com seus pontos de ebulição. A faixa desejada para o diesel verde é normalmente entre cento e cinquenta graus Celsius e trezentos e sessenta graus Celsius, permitindo a coleta do produto com características compatíveis com o diesel fóssil comercial. As frações mais leves podem ser reaproveitadas como gás liquefeito de petróleo (GLP) ou nafta, enquanto as mais pesadas podem ser redirecionadas para outras correntes da refinaria ou tratadas posteriormente (SOARES, I. P., 2020).

Durante a separação, equipamentos como colunas de destilação atmosférica ou a vácuo são empregados, com controle rigoroso de temperatura, pressão e vazão para garantir a pureza da fração do diesel verde. Além da destilação, etapas adicionais podem incluir decantação de fases líquidas e remoção de contaminantes sólidos através de filtração ou centrifugação. A eficiência da separação influencia diretamente o rendimento do processo e a conformidade do produto final com especificações técnicas, como número de cetano, densidade e ponto de fulgor. A separação adequada assegura que o diesel verde produzido atenda às exigências regulatórias e possa ser misturado ou utilizado de forma direta no setor de transporte (SOARES, I. P., 2020).

2.2.4. Biogás / Biometano

O biogás e o biometano são energias renováveis geradas a partir da decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos, tais como resíduos agrícolas, urbanos e efluentes industriais. O metano (CH_4 , 50–75%) e o dióxido de carbono (CO_2 , 25–50%) constituem a maior parte do biogás, com pequenas quantidades de hidrogênio sulfídrico (H_2S) e umidade. Enquanto isso, o biometano é obtido pela purificação do biogás, aumentando sua concentração de metano para mais de noventa por cento, equiparando-o ao gás natural de origem fóssil (ABILOGÁS, 2022).

A produção de biogás ocorre em biodigestores, onde microrganismos metabolizam a matéria orgânica em condições anaeróbias. Esse processo, além de

gerar energia, reduz emissões de metano em aterros e esterqueiras, contribuindo para a mitigação de gases de efeito estufa (EPE, 2011). O biometano, após etapas de purificação (remoção de CO₂, H₂S e umidade), pode ser injetado na rede de gás natural, utilizado como combustível veicular ou empregado na geração de energia elétrica (IEA, 2023).

A substituição de combustíveis fósseis por biometano reduz emissões de CO₂ em até oitenta e cinco por cento, conforme estudos de ciclo de vida (ANP, 2020). Além disso, a digestão anaeróbia promove a gestão integrada de resíduos, transformando passivos ambientais em recursos energéticos e biofertilizantes, alinhando-se aos princípios da economia circular. Economicamente, o setor cria oportunidades para agroindústrias e reduz custos com tratamento de resíduos.

Caminhos tecnológicos que diferem de acordo com a matéria-prima, o método de transformação e o objetivo energético. A digestão anaeróbia, a pirólise e a gaseificação são as principais rotas, cada uma com suas próprias vantagens em termos de eficiência, escalabilidade e impacto ambiental.

2.2.4.1. Digestão anaeróbia

A produção de biometano através da digestão anaeróbica é um processo biológico que acontece sem a presença de oxigênio, onde microrganismos degradam matéria orgânica, como restos de agricultura, dejetos de animais e restos de alimentos, levando à geração de biogás (PORTAL DO BIOGÁS, 2023). Este biogás é majoritariamente formado por metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), com o metano representando a maior parte energética. A digestão anaeróbia é segmentada em quatro fases principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Durante a hidrólise, macromoléculas como carboidratos, proteínas e lipídios se decompõem em moléculas de menor tamanho. Ao longo do processo de acidogênese, essas moléculas menores se transformam em ácidos graxos voláteis, álcool, CO₂, H₂ e amônia. Na acetogênese, os ácidos graxos voláteis e o álcool são convertidos em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono (CAVALEIRO, 2020).

A digestão anaeróbica, além de ser uma fonte de energia renovável, desempenha um papel crucial na mitigação de efeitos ambientais, tais como a diminuição das emissões de gases de efeito estufa e a gestão da poluição provocada por resíduos orgânicos. O uso do biogás como alternativa aos combustíveis fósseis tem potencial para diminuir significativamente a pegada de carbono, favorecendo uma

transição energética mais ecológica. De acordo com Sganzerla et al. (2020), a instalação de biodigestores em fazendas e agroindústrias possibilita não só a utilização energética do biogás, mas também a administração eficaz de resíduos, convertendo um passivo ecológico em um recurso energético.

Ademais do biogás, o digestato (formado como subproduto do processo de digestão anaeróbia), um material rico em nutrientes, pode ser empregado como biofertilizante. O digestato possui alta concentração de nitrogênio, fósforo e potássio, representando uma opção sustentável e eficaz em relação aos fertilizantes químicos tradicionais. A utilização do digestato como adubo pode aprimorar a fertilidade do solo, incrementar a produtividade na agricultura e diminuir os gastos com a produção rural. Assim, a digestão anaeróbica não só produz energia limpa, como também encerra o ciclo dos nutrientes, unindo os setores de energia e agricultura (NICOLOSO et al, 2019).

2.2.4.2. Pirólise

A pirólise é um procedimento termoquímico que ocorre sem oxigênio ou com presença restrita deste, no qual a matéria orgânica é decomposta através do calor. Neste procedimento, os materiais carbonáceos, tais como biomassa lignocelulósica, resíduos de agricultura e cidades, são decompostos, originando três componentes principais: carvão vegetal (biochar), bio-óleo e gás proveniente da pirólise. O gás produzido pode incluir hidrogênio (H_2), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) e outros hidrocarbonetos leves, possibilitando sua utilização energética na forma de biogás (SPEIGHT, 2019).

A eficácia e a composição do gás de pirólise são influenciadas por elementos como a temperatura do procedimento, a velocidade do aquecimento e a biomassa empregada. A formação de gases combustíveis é favorecida por temperaturas entre quatrocentos graus Celsius e oitocentos graus Celsius, sendo as condições operacionais que determinam o rendimento e o conteúdo energético do gás. A pirólise rápida, marcada por elevadas taxas de aquecimento e tempo de residência curto, é extensivamente investigada por seu potencial de conversão de energia e pela diversidade de produtos que oferece. O biogás produzido através da pirólise pode ser utilizado em processos de aquecimento ou transformado em eletricidade, auxiliando na utilização de resíduos sólidos e na diversificação da matriz energética (BRIDGWATER, 2012).

2.2.4.3. Gaseificação

A gaseificação é um procedimento termoquímico que transforma biomassa ou detritos sólidos ricos em carbono em gás combustível, também conhecido como gás de síntese ou *syngas*. Este procedimento acontece a temperaturas elevadas, variando de setecentos graus Celsius a mil e duzentos graus Celsius, com uma quantidade limitada de agentes oxidantes, como vapor de água, oxigênio ou ar. O gás produzido consiste em monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H₂), metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), com potencial para uso na produção de energia elétrica, térmica ou na conversão em combustíveis líquidos. A produção e a composição do *syngas* diferem de acordo com a biomassa utilizada, o agente de gaseificação e a tecnologia utilizada (BASU, 2010).

A gaseificação tem um tempo de conversão reduzido e um rendimento energético superior em relação à digestão anaeróbica, podendo ser aplicada a vários tipos de resíduos lignocelulósicos. A produção de gás pode ser usada diretamente em caldeiras, motores ou turbinas, ou pode ser purificada para uso em sistemas de cogeração ou células de combustível. A eficácia do procedimento é influenciada por elementos como temperatura, período de permanência e tipo de reator. A gaseificação possibilita a utilização energética de resíduos que não são degradados facilmente por processos biológicos (MCKENDRY, 2002).

2.2.4.4. Obtenção do biometano pela purificação do biogás

O biometano é produzido através de processos de purificação que visam principalmente eliminar os poluentes presentes no biogás bruto, tais como dióxido de carbono (CO₂), sulfeto de hidrogênio (H₂S), amônia (NH₃), vapor de água e partículas. Esses componentes diminuem a capacidade térmica e podem provocar corrosão em motores e equipamentos, tornando-se, portanto, crucial a sua remoção. A purificação possibilita aumentar a concentração de metano (CH₄) para valores superiores a noventa por cento, adequando o biogás às normas técnicas do gás natural. Portanto, este biometano pode ser comprimido para aplicação em veículos ou injetado em redes de distribuição de gás (CUNHA, 2020).

2.2.5. Bioquerosene de aviação

A demanda crescente por soluções ecológicas na aviação tem estimulado a investigação e a criação de alternativas aos combustíveis fósseis. Neste contexto, a

fabricação de bioquerosene para aviação surge como uma tática promissora para diminuir as emissões de gases de efeito estufa e fomentar a descarbonização da indústria. No Brasil, onde a indústria de biocombustíveis possui ampla experiência na fabricação de etanol e biodiesel, a mudança para a fabricação de bioquerosene surge como um movimento natural para expandir as alternativas de energia limpa e intensificar o compromisso com a sustentabilidade (IEA, 2023).

No entanto, a produção em massa de bioquerosene para aviação ainda se depara com obstáculos ligados à competitividade econômica, à disponibilidade de matérias-primas e à exigência de uma infraestrutura apropriada para a distribuição. Neste cenário, a cooperação entre os setores público e privado pode impulsionar a implementação do bioquerosene no setor aéreo, fomentando uma mudança energética que combina viabilidade econômica e responsabilidade ecológica (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2023).

A fabricação de bioquerosene, um combustível para aviação proveniente de fontes renováveis, pode ser feita através de diversas vias tecnológicas, cada uma com suas particularidades e benefícios para o meio ambiente. A HEFA (*Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*), a ATJ (*Alcohol-to-Jet*) e a FT-SPK (*Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene*) são as rotas mais importantes. Essas tecnologias transformam insumos sustentáveis, tais como óleos vegetais, gorduras animais, álcoois e resíduos lignocelulósicos, em um combustível em conformidade com as normas da aviação, auxiliando na diminuição da pegada de carbono do setor (IEA, 2023).

2.2.5.1. HEFA

A tecnologia HEFA é vista como uma das mais avançadas para a fabricação de bioquerosene para aviação. Este caminho converte insumos ricos em lipídios, tais como óleos vegetais, gorduras de animais e desperdícios de cozinha, em hidrocarbonetos que atendem aos requisitos da aviação. O procedimento inclui fases de hidratação, seguidas de hidrocraqueamento e hidrotreamento catalítico, que eliminam grupos funcionais indesejados, como o oxigênio, transformando os precursores em uma combinação de alcanos que se assemelha quimicamente ao querosene de origem fóssil. De acordo com a IEA (2023), essa rota se destaca pela sua adaptabilidade aos insumos e pela produção de um combustível final que cumpre com rigor as normas internacionais de segurança e desempenho.

A partir de uma perspectiva técnica, o processo HEFA requer condições controladas de reação, que incluem temperaturas elevadas e pressões específicas, além do emprego de catalisadores robustos que asseguram a eficácia da transformação. No processo de hidrocraqueamento, ésteres e ácidos graxos grandes são decompostos em moléculas menores, apropriadas para a aviação. Paralelamente, o hidrotratamento elimina impurezas e satura as ligações insaturadas dos compostos, gerando um bioquerosene de alta estabilidade térmica e baixa propensão à formação de depósitos (IEA, 2023).

O procedimento começa com a extração dos triglicerídeos da biomassa, que podem ser originados de várias fontes, como plantações de oleaginosas, resíduos industriais e óleos de cozinha usados. Depois, a hidrogenação catalítica acontece, saturando as ligações insaturadas dos triglicerídeos e proporcionando maior estabilidade química ao óleo.

Em seguida, o óleo saturado é submetido a um processo de hidrólise térmica, o qual separa a parte de glicerol e ácidos graxos livres (FFA - *Free Fatty Acids*). O glicerol pode ser separado como um subproduto, ao passo que os FFAs podem seguir duas principais vias de conversão: descarboxilação ou hidrodeoxigenação. A descarboxilação elimina grupos carboxílicos dos ácidos graxos, gerando hidrocarbonetos como o $C_{17}H_{36}$. Por outro lado, a hidrodeoxigenação usa o hidrogênio para eliminar o oxigênio, dando origem a hidrocarbonetos saturados, como o $C_{18}H_{38}$. Os hidrocarbonetos produzidos são submetidos a processos extras de hidroisomerização e *hydrocracking*, que modificam a estrutura molecular para produzir frações apropriadas para a aviação, como bioquerosene (NG et al, 2021).

2.2.5.2. ATJ

O método ATJ (*Alcohol-to-Jet*) é uma via tecnológica para a fabricação de bioquerosene para aviação sustentável (SAF - *Fuel for Sustainable Aviation*). Esta tecnologia transforma álcoois de cadeia curta, tais como etanol e butanol, em hidrocarbonetos apropriados para serem utilizados como combustível para aeronaves.

A fase inicial do procedimento ATJ consiste na desidratação dos álcoois para a produção de olefinas. Por exemplo, a desidratação catalítica transforma o etanol em etileno. Depois, ocorre a oligomerização, na qual essas olefinas se unem para criar cadeias de hidrocarbonetos mais extensas, apropriadas para os combustíveis para aviação. Seguindo a oligomerização, os produtos são submetidos à hidrogenação

para saturar as ligações e eliminar impurezas, gerando uma combinação de hidrocarbonetos que é destilada para produzir frações específicas, como o bioquerosene (SILVA, 2022).

A fragmentação, comumente feita através da destilação fracionada, possibilita a divisão desses compostos em partes específicas, direcionando a parte apropriada para a aplicação em aeronaves. A destilação fracionada é realizada em colunas que aquecem a mistura, separando os componentes com base em seus pontos de ebulição. Os hidrocarbonetos leves, inadequados para a aviação, podem ser redirecionados para a fabricação de gasolina ou outros combustíveis. Por outro lado, a porção média, que contém hidrocarbonetos na faixa C₈-C₁₆, é recolhida para a formação do bioquerosene. Este procedimento é crucial para assegurar que o produto acabado possua as propriedades apropriadas, tais como ponto de fulgor, viscosidade e estabilidade térmica (SILVA, 2022).

2.2.5.3. FT-SPK

O FT-SPK (*Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene*) é um combustível sintético parafínico produzido pelo método Fischer-Tropsch, que transforma o gás de síntese - uma combinação de monóxido de carbono (CO) e hidrogênio (H₂) - em hidrocarbonetos líquidos apropriados para aplicação como querosene de aviação. O gás de síntese pode ser obtido a partir de várias fontes de matéria-prima, como biomassa, carvão e gás natural, através de métodos de gaseificação (SCALDAFERRI, 2019).

Nesse sentido, o procedimento Fischer-Tropsch consiste na polimerização catalítica do gás de síntese, resultando na formação de cadeias de hidrocarbonetos de diversas extensões. Esses hidrocarbonetos são posteriormente refinados e divididos para produzir frações específicas, como o querosene sintético parafínico (SPK). O FT-SPK se destaca pela sua elevada pureza e pela falta de compostos aromáticos e enxofre (SCALDAFERRI, 2019).

2.3. ANÁLISE DA FONTE DE COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS BRASILEIROS

O setor de transportes desempenha um papel importante na matriz energética brasileira, sendo responsável por uma parcela significativa do consumo de combustíveis no país. De acordo com o Ministério da Infraestrutura e Transportes, o Brasil possui mais de cento e vinte e três milhões de veículos em circulação em 2024.

Dentre esses, os automóveis de passeio representam a maior parcela, totalizando aproximadamente sessenta e quatro milhões de unidades. Com isso, o estudo terá ênfase na matriz energética desses veículos, sendo majoritariamente alimentada pelo biocombustível etanol.

A demanda por combustíveis no Brasil é influenciada por diversos fatores, como políticas de incentivo ao etanol, oscilações no preço dos combustíveis fósseis e avanços tecnológicos na eletrificação da frota. Tradicionalmente, a matriz energética dos automóveis de passeio no Brasil é dominada pelo etanol e pela gasolina, além de uma crescente participação do GNV (Gás Natural Veicular) e dos veículos híbridos e elétricos.

2.3.1. Características dos veículos utilizados no Brasil

Nas ruas brasileiras, podemos identificar três macro tipos de veículos, a saber: Veículos leves de passeio; Veículos comerciais leves; Veículos pesados e agrícolas. Dessa forma, os veículos podem ser caracterizados como:

2.3.1.1. Veículos Leves de Passeio

Veículos leves de passeio abrangem diversas tecnologias de motorização. Os veículos com motor de combustão interna (*Internal Combustion Engine* - ICE) são majoritariamente movidos a gasolina, etanol ou uma combinação de ambos, conhecidos como veículos *flex*. Os veículos híbridos (*Hybrid Electric Vehicle* - HEV) combinam um motor a combustão com um motor elétrico, operando sem a necessidade de recarga externa das baterias. Já os híbridos *plug-in* (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle* - PHEV) possuem tanto um motor a combustão quanto um elétrico, permitindo a recarga das baterias por meio de uma fonte externa de energia elétrica. Por fim, os veículos elétricos a bateria (*Battery Electric Vehicle* - BEV) são totalmente elétricos e dependem exclusivamente de recarga externa para o funcionamento de seus motores (MOBIAUTO, 2022).

2.3.1.1.1. *Internal Combustion Engine* - ICE

Para veículos de combustão interna, a octanagem é uma medida fundamental, sendo a capacidade de um combustível resistir à explosão espontânea durante o processo de compressão na câmara de combustão é medida pela octanagem. Combustíveis de baixa octanagem costumam ter autoignição antecipada, o que pode

prejudicar o rendimento e a segurança do motor. É evidente que o combustível tenha uma octanagem compatível com as especificações do motor para prevenir esse problema. No Brasil, a gasolina comum tem um índice antidetonante (IAD) de oitenta e sete, ao passo que a gasolina premium tem um IAD entre noventa e cinco e noventa e sete. A seleção do combustível adequado garante uma combustão eficaz, melhora o rendimento energético e estende a durabilidade do motor. (SOUZA, 2024)

2.3.1.1.2. Hybrid Electric Vehicle - HEV

Um Veículo Elétrico Híbrido (HEV) une um motor de combustão interna a um propulsor elétrico para mover-se. Neste sistema, o motor elétrico ajuda o motor de combustão durante a aceleração e, sob certas circunstâncias, pode conduzir o veículo por curtos percursos. A bateria que fornece energia ao motor elétrico é recarregada através de mecanismos como a frenagem regenerativa e o motor de combustão, eliminando a necessidade de recarga externa (BOSH, 2020).

2.3.1.1.3. Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV

Integra um motor de combustão interna a um motor elétrico, além de uma bateria recarregável que pode ser recarregada tanto por fontes externas de energia elétrica quanto pelo próprio motor de combustão. Ao contrário dos híbridos tradicionais, os PHEVs têm baterias de maior capacidade, possibilitando que o carro funcione totalmente elétrico por mais tempo antes de recorrer ao motor de combustão (MY SANTONIO, 2025).

2.3.1.1.4. (Battery Electric Vehicle - BEV)

Um veículo que usa apenas energia elétrica armazenada em baterias recarregáveis para mover um ou mais motores elétricos, eliminando a necessidade de combustíveis fósseis. Estes veículos são recarregados ao se conectarem a uma fonte de energia elétrica, como uma tomada residencial ou estação de carregamento apropriada.

2.3.1.2. Veículos Comerciais Leves

No Brasil, os veículos comerciais leves são projetados para uso comercial e possuem capacidade de carga de até três mil e quinhentos quilos. Essa categoria inclui picapes, vans, furgões e outros modelos similares, amplamente utilizados para

transporte de mercadorias, equipamentos e prestação de serviços diversos (AUTOINDÚSTRIA, 2023).

Os veículos comerciais leves utilizam diversos tipos de combustíveis, incluindo gasolina, etanol, diesel e Gás Natural Veicular (GNV). A gasolina é amplamente empregada em veículos leves, como carros de passeio e utilitários esportivos, devido à sua disponibilidade e versatilidade. O etanol, é uma alternativa renovável à gasolina, sendo comum em veículos *flex-fuel* que permitem o uso de ambos os combustíveis. Já o diesel é utilizado em alguns modelos de veículos comerciais leves, especialmente aqueles destinados ao transporte de cargas mais pesadas ou que requerem maior torque. Além disso, o GNV é uma opção para veículos que buscam economia de combustível e menor emissão de poluentes, sendo comum em frotas que operam principalmente em áreas urbanas (CETESB, 2020).

2.3.1.3. Veículos Pesados e Agrícolas

Veículos pesados, como caminhões e ônibus, além de máquinas agrícolas, como tratores e colhedoras, usam predominantemente o óleo diesel como fonte de combustível. Nessas áreas, o diesel é preferido devido à sua eficiência energética e à sua habilidade de gerar o torque requerido para operações de grande escala. Ademais, o biodiesel, obtido a partir de recursos renováveis como o óleo de soja e a gordura animal, deve ser adicionado compulsoriamente ao diesel tradicional, auxiliando na diminuição das emissões de gases que intensificam o efeito estufa (PETROBRÁS, 2025).

Além do diesel e do biodiesel, estão em estudo novas tecnologias para diminuir a dependência de combustíveis fósseis e atenuar os efeitos no meio ambiente. No campo agrícola, existem esforços para utilizar etanol como uma opção viável para tratores e colhedoras, ao passo que caminhões de grande porte começam a adotar motores híbridos e elétricos para diminuir as emissões de carbono. Ademais, o biometano, obtido a partir de resíduos orgânicos, se apresenta como uma opção promissora para o fornecimento de frotas pesadas, especialmente em operações logísticas de curta e média extensão. A preocupação cada vez maior com a sustentabilidade tem levado empresas e entidades reguladoras a promoverem estudos e estímulos para combustíveis renováveis e tecnologias mais eficazes nos segmentos de transporte e agricultura.

2.3.2. Análise Comparativa de Emissões CO₂ entre as matrizes energéticas utilizadas nos veículos

A comparação das matrizes energéticas dos variados tipos de automóveis irá tratar da pegada de carbono ligada a veículos leves de passeio, comerciais leves, pesados e agrícolas, levando em conta as várias fontes de energia empregadas. Vamos analisar as emissões de gases de efeito estufa de carros movidos a combustíveis fósseis (gasolina, etanol, diesel), híbridos (HEV e PHEV) e elétricos a bateria (BEV), ressaltando os efeitos ambientais de cada tecnologia durante seu ciclo de vida.

Este estudo utiliza algumas informações fornecidas pelo *International Council on Clean Transportation* (ICCT), uma entidade independente e sem fins lucrativos que fornece estudos objetivos e análises técnico-científicas para autoridades ambientais. Seu propósito é aprimorar o desempenho ambiental e a eficiência energética dos transportes rodoviário, marítimo e aéreo, favorecendo a saúde pública e atenuando as alterações climáticas.

A expressão "g CO₂/km" significa gramas de dióxido de carbono correspondentes por quilômetro. Esta medida mede a emissão total de gases de efeito estufa por veículo por quilômetro percorrido, expressando-os em termos equivalentes de CO₂.

2.3.2.1. Veículos Leves de Passeio - *Internal Combustion Engine* - ICE

De acordo com o estudo do *International Council on Clean Transportation* (ICCT), as emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo do ciclo de vida de veículos leves de passeio com motor de combustão interna no Brasil variam dependendo do tipo de combustível usado. Os veículos que utilizam a média de mercado de gasolina comum e etanol hidratado emitem cerca de cento e cinquenta e cinco gramas de CO₂ equivalente por quilômetro (g CO₂ eq./km) para os segmentos compacto e médio, e cento e oitenta e uma gramas de CO₂/km para SUVs compactos. Ao utilizarem apenas etanol hidratado, as emissões caem para cento e sete gramas de CO₂/km e cento e vinte e cinco gramas de CO₂/km, respectivamente. Em contrapartida, os carros que usam apenas gasolina C emitem cento e oitenta e seis gramas de CO₂/km, enquanto os SUVs compactos emitem duzentos e dezessete gramas de CO₂/km. (ICCT, 2023)

2.3.2.2. Veículos Leves de Passeio - *Hybrid Electric Vehicle* - HEV

Para HEVs que utilizam a gasolina comum e o etanol hidratado como a média de mercado, as emissões são de cerca de cento e trinta e três gramas de CO₂ equivalente por quilômetro (g CO₂ eq./km) para veículos compactos e médios, e cento e cinquenta e cinco gramas de CO₂/km para SUVs compactos. Ao usar apenas etanol hidratado, as emissões caem de noventa e sete gramas de CO₂/km para cento e treze gramas de CO₂/km, respectivamente. Em contrapartida, os HEVs que funcionam exclusivamente com gasolina comum emitem cento e sessenta gramas de CO₂/km para veículos compactos e médios, e cento e oitenta e sete gramas de CO₂/km para SUVs compactos. (ICCT, 2023)

2.3.2.3. Veículos Leves de Passeio - *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* - PHEV

Acredita-se que, em 2023, as emissões dos veículos híbridos elétricos foram vinte por cento inferiores às dos veículos de combustão interna (ICE), quando ambos usam exclusivamente gasolina comum. No entanto, quando se compara PHEVs com veículos ICE que utilizam a proporção média nacional de etanol, a diminuição nas emissões dos PHEVs é de apenas três por cento, resultando em cento e cinquenta gramas de CO₂/km em vez de cento e cinquenta e cinco gramas de CO₂/km. Além disso, pesquisas sugerem que PHEVs podem emitir até três e meio vezes mais CO₂ em situações reais de uso urbano do que o anunciado pelos fabricantes, especialmente quando as baterias não são recarregadas regularmente, levando a emissões superiores a duzentos gramas de CO₂/km, equivalentes às de veículos convencionais movidos a combustão (ICCT, 2023).

Com isso, podem ter emissões de CO₂ consideravelmente maiores do que as anunciadas pelos fabricantes. Essas diferenças podem ser atribuídas, em parte, ao uso inadequado do modo elétrico pelos condutores, que muitas vezes não recarregam as baterias conforme o recomendado, levando a uma dependência maior do motor de combustão e, conseqüentemente, a emissões mais altas. Ademais, o peso extra das baterias e dos elementos elétricos pode elevar o gasto de combustível quando o carro está em funcionamento no modo convencional. Estes resultados indicam que, em situações reais de uso, os PHEVs podem não proporcionar os benefícios ambientais esperados, principalmente se não forem empregados de acordo com as normas ideais de recarga e funcionamento. (ESTADÃO, 2021)

2.3.2.4. Veículos Leves de Passeio - *Battery Electric Vehicle - BEV*

Durante o ciclo de vida dos BEVs, as emissões de GEE são cerca de sessenta e seis por cento inferiores às dos ICEVs flexíveis. Os BEVs emitem cerca de cinquenta e dois a cinquenta e nove gramas de CO₂ equivalente por quilômetro, variando conforme o segmento do veículo. Essa diminuição expressiva se deve, em parte, à matriz elétrica do Brasil, com baixo teor de carbono, o que resulta em emissões reduzidas relacionadas à geração de eletricidade pelos BEVs. Ademais, a elevada eficiência energética dos BEVs resulta em um consumo de energia aproximadamente três vezes inferior em relação aos equivalentes ICEVs (ICCT, 2023).

2.3.3. Autonomia

A seção sobre autonomia tratará da habilidade dos diversos modelos de veículos leves de passageiros de percorrer distâncias com apenas uma carga de energia ou tanque de combustível. Em veículos de combustão interna (ICE), a autonomia costuma ser superior devido à elevada densidade energética dos combustíveis fósseis e à infraestrutura de abastecimento estabelecida, mesmo que isso implique em um custo ambiental elevado devido às emissões de CO₂ (Inmetro, 2024).

Por outro lado, os híbridos convencionais (HEV) unem motor de combustão e elétrico, proporcionando maior eficiência energética, principalmente em percursos urbanos, onde podem funcionar por mais tempo no modo elétrico (Inmetro, 2024).

Os híbridos plug-in (PHEV) possuem baterias de maior capacidade que possibilitam percorrer longas distâncias apenas com eletricidade antes de recorrer ao motor de combustão, oferecendo um equilíbrio entre eficiência energética e conveniência. Finalmente, os veículos elétricos a bateria (BEV) têm a menor autonomia entre essas categorias, apesar de estarem progredindo rapidamente em eficiência, podendo atingir mais de 500 km por carga nos modelos mais recentes (Inmetro, 2024).

2.3.3.1. Veículos Leves de Passeio - *Internal Combustion Engine - ICE*

A capacidade de condução de veículos movidos a combustão está diretamente relacionada à capacidade do motor, também conhecida como cilindrada. Este valor indica a quantidade total de mistura de ar e combustível que o motor pode consumir em cada ciclo. Motores de maior cilindrada geralmente consomem mais combustível,

pois utilizam uma quantidade maior de mistura. Isso pode gerar mais potência e torque, mas também pode levar a uma eficiência energética reduzida e, conseqüentemente, a uma menor autonomia do veículo (LOCALIZA, 2022).

Contudo, a conexão entre cilindrada e autonomia não é inquestionável, já que outros elementos afetam o uso de combustível. Tecnologias como turbocompressores, injeção direta e sistemas de combustão mais eficazes podem possibilitar que motores de menor porte alcancem desempenho comparável ou até superior aos de maior porte, mantendo um consumo reduzido. Ademais, fatores como o peso do carro, a aerodinâmica e a maneira de dirigir também influenciam a autonomia.

Assim, carros com motores menores, como os de um litro, costumam ter maior autonomia devido ao consumo de combustível reduzido. Por outro lado, motores maiores, como dois litros ou mais potentes, proporcionam maior performance, porém consomem mais combustível. A decisão entre economia e potência é determinada pelas necessidades do condutor e pelo tipo de utilização do carro.

No Brasil, a autonomia média dos veículos com motor de combustão interna (*Internal Combustion Engine* - ICE) difere dependendo do modelo e do tipo de combustível usado. Normalmente, veículos populares equipados com motores de um litro aspirados têm um consumo urbano médio de nove a treze e meio km/l a gasolina e oito e meio a onze km/l etanol. Na estrada, a autonomia aumenta, oscilando entre quatorze e dezessete km/l de gasolina e dez a doze km/l de etanol, de acordo com o carro e as condições de condução (MOBIAUTO, 2024).

A autonomia média total dos veículos movidos a combustão varia de acordo com o volume do tanque e a eficácia do motor. Modelos compactos e sedãs médios costumam cobrir uma distância entre quinhentos e oitocentos quilômetros com um tanque cheio, levando em conta um consumo de dez a quinze km/l e tanques de cinquenta a sessenta litros.

Ademais, a conveniência no abastecimento é um aspecto favorável. Nos postos de combustível, o tempo médio para completar o tanque oscila entre dois e cinco minutos, o que torna a reposição de combustível consideravelmente mais ágil em relação aos carros elétricos.

2.3.3.2. Veículos Leves de Passeio - *Hybrid Electric Vehicle* - HEV

Ao contrário dos veículos puramente elétricos, os HEVs não se apoiam apenas em baterias recarregáveis; ao invés disso, eles usam a energia produzida pelo motor

de combustão e pela frenagem regenerativa para recarregar as baterias que alimentam o motor elétrico. Esta configuração possibilita que os HEVs possuam uma autonomia equivalente ou até superior à dos veículos convencionais que utilizam apenas combustíveis fósseis (US Department of Energy).

Vale ressaltar que a autonomia real de um veículo elétrico híbrido (HEV) difere de acordo com o modelo, a capacidade da bateria, a eficiência do motor e as circunstâncias de condução. Ademais, enquanto os PHEVs possibilitam ao condutor percorrer curtas distâncias totalmente elétricos (normalmente entre cinquenta e cem km), os HEVs convencionais empregam o motor elétrico principalmente para auxiliar o motor de combustão, o que resulta em aprimoramentos na eficiência de combustível e diminuição de emissões, porém sem proporcionar uma autonomia elétrica significativa (SEAT).

Além desses benefícios, a frenagem é um ponto positivo para HEVs, PHEVs e BEVs. A tecnologia de frenagem regenerativa presente em carros elétricos e híbridos, transforma a energia cinética, normalmente dissipada como calor durante a frenagem, em eletricidade. Essa energia é guardada na bateria do carro para utilização futura, otimizando a eficiência energética e a autonomia. Ao frear ou desacelerar, o motor elétrico funciona como um gerador, invertendo sua operação para gerar eletricidade a partir do movimento do carro. Essa corrente elétrica recarrega a bateria, possibilitando que a energia recuperada seja novamente empregada para impulsionar o carro (UOL, 2024).

Em condições ideais, a frenagem regenerativa pode recuperar até quase 40% da energia gasta, contribuindo significativamente para a extensão da autonomia do veículo elétrico (VRUM, 2025). O *Toyota Corolla Hybrid*, um dos modelos híbridos mais populares no Brasil, tem um consumo urbano de dezoito vírgula oito km/l e rodoviário de quinze vírgula sete km/l, respectivamente. O *Kia Niro*, por outro lado, consegue atingir dezenove vírgula nove km/l na cidade e dezessete vírgula sete km/l na estrada. Estas informações sugerem que, com um tanque de combustível comum de cinquenta litros, esses carros têm a capacidade de viajar entre setecentos e cinquenta quilômetros e novecentos quilômetros antes de precisar de recarga (AUTOPAPO, 2024).

2.3.3.3. Veículos Leves de Passeio - *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* - PHEV

A autonomia desses veículos elétricos varia de acordo com o modelo e a capacidade da bateria. Por exemplo, alguns PHEVs atuais proporcionam mais de cem quilômetros de autonomia elétrica, a exemplo do BMW 530e, que pode atingir uma autonomia de até cento e cinco quilômetros no modo elétrico (CAETANORETAIL, 2025). No entanto, os modelos mais comuns oferecem autônominas elétricas de cinquenta a oitenta quilômetros, suficientes para viagens urbanas cotidianas (UOL, 2025).

A duração completa de um PHEV, que combina as modalidades elétrica e a combustão, é equivalente ou até supera a de carros convencionais. Por exemplo, o *Ford Escape* híbrido *plug-in* oferece uma autonomia total de cerca de 836 km (GREENCARS, 2022).

Apesar dos pontos positivos, o PHEV pode apresentar um consumo superior a veículos de combustão interna caso não tenha sua bateria abastecida (UOL, 2024). Isso ocorre pelo peso extra do sistema elétrico agregado ao chassi do veículo, podendo chegar a uma faixa de duzentos a trezentos quilos extras (UOL, 2024). Portanto, o sistema a combustão sem a presença da bateria em funcionamento, precisa trabalhar sozinho, diminuindo a eficiência do veículo e provocando maiores consumos de combustível.

2.3.3.4 Veículos Leves de Passeio - *Battery Electric Vehicle* - BEV

De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), a autonomia média dos BEVs no país situa-se entre cem quilômetros e quinhentos quilômetros com uma única carga. Vale ressaltar que a autonomia efetiva pode sofrer variações de acordo com fatores como o estilo de direção, condições do trânsito, utilização de sistemas de auxílio (ar-condicionado, aquecimento) e a topografia do terreno. Ademais, a disponibilidade de infraestrutura de recarga e os padrões de carregamento dos utilizadores impactam diretamente na experiência diária com veículos elétricos.

Dessa forma, ao analisarmos a autonomia de um carro elétrico, é essencial considerar as opções de recarga da bateria e o tempo necessário para completá-la, especialmente em comparação com veículos a combustão, cujo abastecimento ocorre de maneira rápida e prática. Há uma variedade de carregadores para carros elétricos, cada um desenvolvido para satisfazer as diversas necessidades de recarga e

infraestruturas disponíveis. Os principais abrangem dispositivos de emergência, portáteis, para uso doméstico (*Wallbox*) e públicos de alta potência.

Os carregadores de emergência são aparelhos compactos que vêm com o carro e podem ser ligados a tomadas domésticas comuns, tanto de cento e dez volts quanto de duzentos e vinte volts. A baixa potência, que normalmente oscila entre oito amperes e dez amperes, pode estender consideravelmente o tempo de recarga completa, podendo atingir até quarenta horas, dependendo da capacidade da bateria do carro (REVISTA CARRO, 2023).

Os *Wallbox* proporcionam uma alternativa de recarga mais ágil e confiável. Com potências de dezesseis A ou trinta e dois A e funcionando em tensões de duzentos e vinte volts ou trezentos e oitenta volts, dependendo da disponibilidade da rede elétrica local, esses aparelhos têm a capacidade de recarregar um carro elétrico em um intervalo que oscila entre seis e doze horas, de acordo com a capacidade da bateria. Ademais, os *Wallbox* possuem sistemas de segurança sofisticados e necessitam de uma instalação elétrica específica (NEOCHARGE).

Uma opção ideal para motoristas que precisam de uma recarga rápida, seja durante viagens longas ou no dia a dia nas cidades, são os carregadores públicos de alta tensão. Esses carregadores, presentes em locais como estacionamentos, postos de gasolina e estradas, têm uma potência elevada, podendo chegar a cinquenta kW ou mais. Com o uso desta tecnologia, é viável carregar até 80% da bateria de um carro elétrico em aproximadamente trinta minutos (GEOTAB, 2023).

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem exploratória e descritiva, combinando técnicas de revisão bibliográfica e análise documental para mapear a estrutura da produção de biocombustíveis e a caracterização das biorrefinarias em atividade no Brasil. A metodologia foi dividida em três etapas principais: (i) revisão da literatura, (ii) levantamento de dados secundários e (iii) análise técnica e geográfica das plantas industriais.

Na etapa de revisão bibliográfica, buscou-se consolidar os conceitos fundamentais de biorrefinaria, suas classificações e rotas tecnológicas de conversão de biomassa. Para isso, utilizaram-se como principais fontes acadêmicas os trabalhos de Kamm et al. (2004), que propuseram a classificação das biorrefinarias em plataformas integradas; Cherubini et al. (2009), que discutiram as abordagens baseadas em energia e emissão de gases de efeito estufa; Demirbas (2009), que traçou o paralelo entre biorrefinarias e refinarias de petróleo; além dos documentos institucionais da EMBRAPA (2011, 2020), que contextualizaram o cenário nacional de bioeconomia e apresentaram dados sobre matérias-primas e tecnologias empregadas. Essa fundamentação teórica foi essencial para a definição dos critérios de análise adotados nas etapas seguintes.

Além disso, foi realizada uma análise qualitativa da viabilidade do etanol como vetor energético para a mobilidade sustentável no Brasil. Essa análise baseou-se em estudos sobre veículos *flex fuel*, dados sobre emissão de CO₂ por tipo de combustível, bem como nas discussões técnicas apresentadas por EMBRAPA (2022), CTBE (2018) e relatórios setoriais como os da Localiza (2022), que contribuíram com informações sobre desempenho energético e ambiental de veículos movidos a etanol.

Na segunda etapa, realizou-se um levantamento sistemático de dados secundários junto a bases oficiais e técnicas, como os boletins da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), relatórios da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), e informações disponibilizadas pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pela EMBRAPA. A partir desses dados, identificaram-se 429 plantas industriais de biocombustíveis no país, incluindo as voltadas à produção de etanol, biodiesel e biogás.

A etapa final consistiu na análise dessas unidades produtivas com base em critérios técnicos definidos na literatura, como número de produtos gerados, integração de processos, diversidade de matérias-primas e rotas tecnológicas aplicadas. Os dados foram organizados por tipo de biocombustível, região geográfica e especificidades operacionais. Posteriormente, mapeou-se o subconjunto de plantas que atendem aos requisitos mínimos para serem classificadas como biorrefinarias, totalizando 110 unidades.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE DE DADOS SOBRE AS BIORREFINARIAS

Neste trabalho foram analisadas as plantas produtoras de biogás, biodiesel e etanol existentes em território brasileiro em busca de mapear as unidades que podem ser consideradas biorrefinarias, de acordo com os conceitos observados no capítulo 2. Para cada tipo de produto a definição de biorrefinaria variou a depender das características específicas como: matéria-prima originária, integração com outras cadeias produtivas, quantidade de produtos e resíduos gerados. Deste modo, pode-se classificar as biorrefinarias com base em seu impacto econômico e ambiental, além de exaltar as capacidades técnicas de tais.

4.1.1. Biogás

Foram mapeadas 10 plantas de produção de Biogás a partir dos dados de plantas produtoras, divulgados pela ANP na data de março de 2025. Além disso, foram mapeadas mais duas plantas em pesquisas externas. No total, foram contabilizadas 12 plantas produtoras de biogás no território brasileiro, sendo elas dispostas nos seguintes estados:

Figura 19 - Presença das plantas de biogás no país.



Fonte: Elaboração própria.

Para a definição de biorrefinaria produtora de biogás foram consideradas apenas as plantas que produzem o produto a partir de fontes renováveis diversas, seguindo os conceitos que foram discutidos no capítulo 2. Portanto, as plantas produtoras de biogás que apenas utilizam como matéria-prima os gases poluentes do lixo de aterros sanitários não foram consideradas biorrefinarias.

Desse modo, foram elegíveis à biorrefinarias as plantas mapeadas que utilizam como matéria os resíduos do processamento da cana-de-açúcar e resíduos industriais. Como revisado no Capítulo 2, além do açúcar e etanol produzidos pelas plantas indústrias sucroalcooleiras, este processo industrial também gera o bagaço da cana de açúcar, a torta de filtro e a vinhaça que, no caso destas biorrefinarias, são utilizados para produzir biogás nos biodigestores.

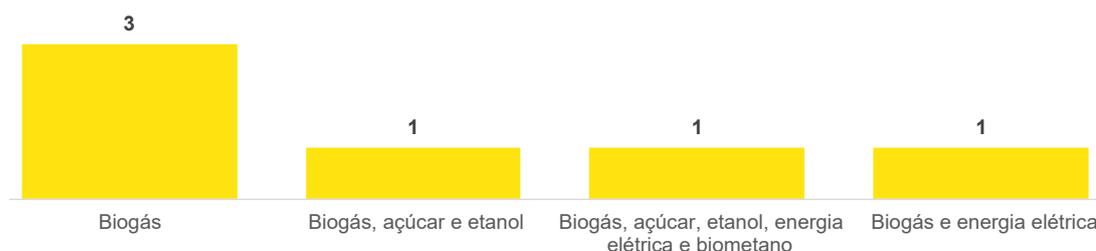
Gráfico 1 - Matérias-primas por quantidade de biorrefinarias de biogás.



Fonte: Elaboração própria.

Neste estudo foram mapeadas seis plantas produtoras de biogás como biorrefinarias, sendo que cinco têm a produção baseada em resíduos de cana-de-açúcar, enquanto apenas uma utiliza como matéria-prima resíduos industriais. Além disso, duas das biorrefinarias totais também podem transformar o biogás em energia elétrica, a depender da demanda do mercado ou necessidades da planta.

Gráfico 2 - Quantidade de biorrefinarias de biogás por classe de produtos.



Fonte: Elaboração própria.

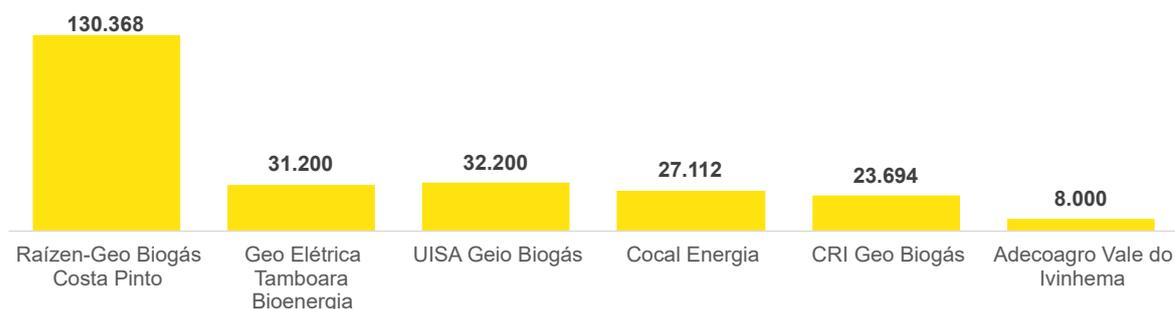
Além disso, duas biorrefinarias estão integradas a uma indústria sucroalcooleira, também gerando na planta açúcar e etanol como produtos. Estas plantas são definidas como de plataforma por Cherubini et. al. pois têm seu processamento industrial interligado com outra planta de finalidade diferente. Por fim, no mapeamento observou-se apenas uma planta que tem como produto final o biometano, que é rico em metano (mais de 94%). Para a obtenção deste produto é necessário que a linha de produção da planta tenha a etapa de purificação de biogás, o que pode acrescentar muitos custos ao processo.

Figura 20 - Mapa das biorrefinarias de biogás no país.



Fonte: Elaboração própria.

No gráfico a seguir são informadas as capacidades de produção de biogás de cada planta de acordo com a ANP. Entretanto, para as plantas da GEO BIOGÁS de São Paulo e Mato Grosso não foram encontradas as capacidades de produção diária de biogás, pois ambas foram mapeadas além da lista da ANP.

Gráfico 3 - Capacidade de produção de biogás em Metro Cúbico Normal por Dia (Nm³/dia).

Fonte: Adaptado da ANP (2025).

Pode-se observar a liderança absoluta da planta Raízen-Geo Biogás Costa Pinto Ltda. no cenário de biorrefinaria de biogás com capacidade produtiva significativamente superior às demais plantas. Isto reflete os altos investimentos da empresa no setor de bioenergia. Além disso, a planta se beneficia da infraestrutura da produção de etanol de cana-de-açúcar

As biorrefinarias de biogás Geo Elétrica Tamboara Bioenergia, Usina Geo Biogás e Cocal Energia SA representam projetos de médio porte no setor que utiliza como matéria-prima resíduos do processamento da cana-de-açúcar e produção de etanol. A semelhança nos valores de capacidade produtiva sugere que estas plantas seguem os mesmos modelos tecnológicos e escala semelhantes.

Completando o panorama, as biorrefinarias Cri Geo Biogás e Adecoagro Vale do Ivinhema S.A. indicam plantas regionais ou projetos em fase inicial de operação por conta da baixa capacidade produtiva, possivelmente atendendo demandas locais ou servindo como unidades demonstrativas para futuras expansões.

A seguir há a tabela resumo das plantas definidas como biorrefinarias de biogás no Brasil de acordo com este estudo, sendo baseado nas plantas de biogás informadas pela ANP em 2025.

Tabela 2 – Resumo das biorrefinarias de biogás no Brasil.

| Razão Social | Estado | Produtos | Matéria-prima (Resíduos) |
|---------------------------------|--------|---|--------------------------|
| ADECOAGRO VALE DO IVINHEMA S.A. | MS | Biogás, Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar e etanol |
| COCAL ENERGIA SA | SP | Biogás, Açúcar, Etanol, Energia Elétrica, Biometano | Cana-de-açúcar |
| CRI GEO BIOGÁS | SP | Biogás, Energia Elétrica | Industriais |

| | | | |
|--|----|--------|-------------------------|
| GEO ELÉTRICA TAMBOARA BIOENERGIA | PR | Biogás | Cana-de-açúcar e etanol |
| RAÍZEN-GEO BIOGÁS COSTA PINTO LTDA. | SP | Biogás | Cana-de-açúcar e etanol |
| UISA GEO BIOGÁS | MT | Biogás | Cana-de-açúcar |

Fonte: Elaboração própria.

4.1.2. Biodiesel

Foram mapeadas 56 plantas de produção de biodiesel a partir dos dados de plantas produtoras, divulgados pela ANP no período de janeiro de 2025. Além disso, foram mapeadas mais 2 plantas em pesquisas externas. No total, foram contabilizadas 58 plantas produtoras de biodiesel no território brasileiro, sendo elas dispostas nos seguintes estados:

Figura 21 - Mapa das plantas produtoras de biodiesel no país.

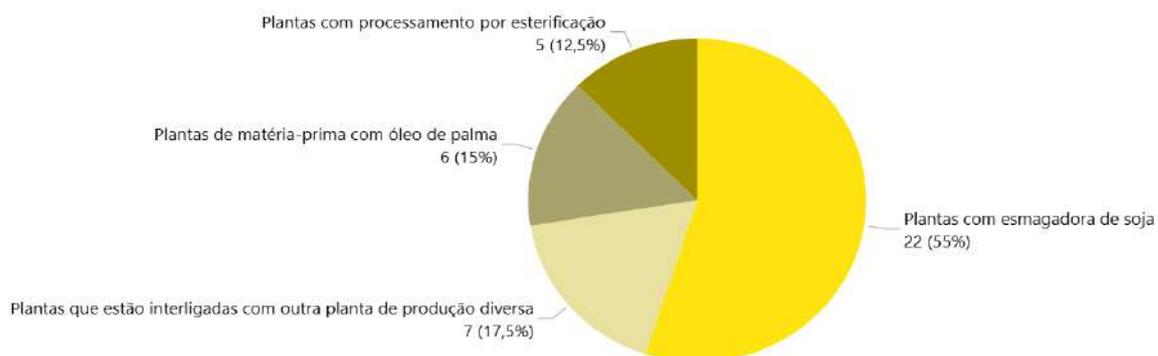


Fonte: Elaboração própria.

Para a definição de biorrefinaria produtora de biocombustíveis foram consideradas seguintes conformações de plantas em território brasileiro:

1. Plantas que estão interligadas com outra planta de produção diversa;
2. Plantas com esmagadora de soja;
3. Plantas com processamento de esterificação;
4. Plantas de matéria-prima com óleo de palma.

Gráfico 4 - Resumo das classificações das biorrefinarias de biodiesel no país.



Fonte: Elaboração própria.

Portanto, o panorama estratégico das biorrefinarias de biodiesel no país foi categorizado segundo quatro características operacionais principais que seguem o conceito de biorrefinaria visto no Capítulo 2. No mapeamento a característica mais abrangente foram as biorrefinarias com esmagadoras de soja integrada a produção, evidenciando a centralidade da soja na matriz de biodiesel brasileira. Este maquinário também reflete a abundância desta oleaginosa no país referente a produção e infraestrutura de processamento.

Contudo, a predominância do modelo de planta que é integrado com a esmagadora de soja demonstra centralidade tecnológica e de matéria-prima, o que representa tanto vantagens quanto vulnerabilidade em caso de oscilações no mercado desta commodity. A presença de outras classificações de biorrefinaria de biodiesel não é tão expressiva em volume, mas demonstra a diversificação necessária para o setor.

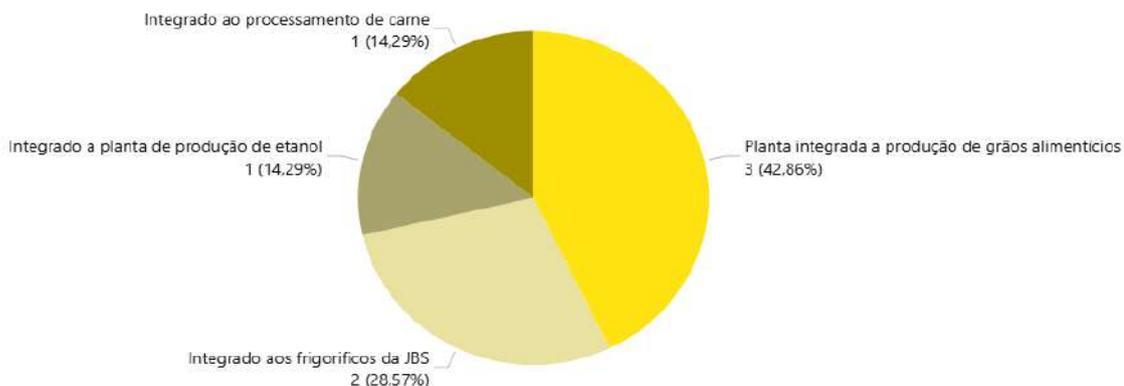
4.1.2.1. Planta interligada à outra planta de produção diversa

No caso das plantas que estão interligadas com outras plantas, segue-se um preceito parecido como nas refinarias de petróleo. Revisado no capítulo 2, este tipo de biorrefinaria é pré-definido por Cherubini além de plataformas. Desse modo, a planta de biodiesel é uma plataforma que utiliza o óleo de culturas de sementes oleaginosas.

Em nosso mapeamento encontramos sete plantas deste tipo, no qual três estão no estado de Mato Grosso, três em Goiás e uma em São Paulo. Destas, três plantas são interligadas à produção de grãos alimentícios, duas plantas estão interligadas aos frigoríficos da empresa JBS, uma planta está interligada ao processamento de carne e, por fim, uma planta está ligada à produção de etanol. Essas biorrefinarias são

definidas como fase 2 de acordo com Kamm pois estão conectadas a linhas de produtos industriais ou unidades agrícolas existentes.

Gráfico 5 - Representação das produções interligadas na produção de biodiesel nas biorrefinarias.



Fonte: Elaboração própria.

O modelo mais representativo com três biorrefinarias é a integração entre biodiesel e a produção de grãos alimentícios, o que sugere um aproveitamento eficiente da cadeia de oleaginosas. Há também duas biorrefinarias que seguem o modelo de conexão com frigoríficos para o aproveitamento direto de gordura animal e demonstra a verticalização do setor.

Figura 22 - Mapa das plantas produtoras de biodiesel no país que são interligadas a outras plantas.

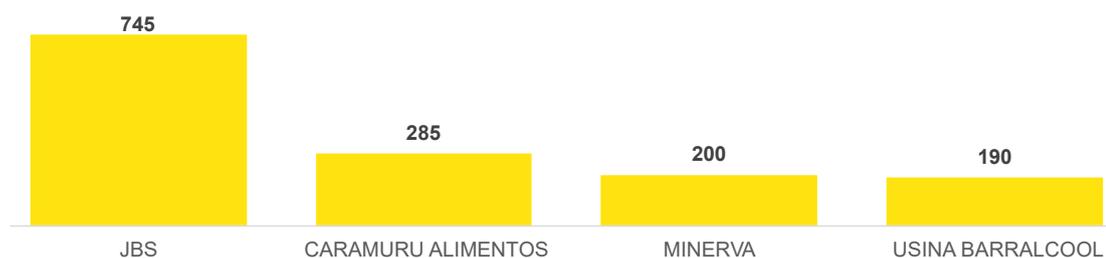


Fonte: Elaboração própria.

Na análise observou-se que duas plantas apresentam o maquinário de esmagadora de soja, sendo capaz de extrair o óleo do grão diretamente na linha de produção, separando o óleo da casca e do farelo, que pode ser utilizado na indústria de rações. Além disso, cinco plantas apresentam a etapa de esterificação na produção do biodiesel. Essa tecnologia permite o uso de óleos de baixa qualidade, ou seja, com alta acidez, como óleos residuais ou óleos brutos não refinados, que contêm altos teores de Ácidos Graxos Livres (FFA). Assim, evita-se a formação de sabão, aumenta o rendimento do biodiesel e melhora a qualidade do produto final.

No gráfico a seguir são informadas as capacidades de produção de biodiesel destas biorrefinarias de acordo com a ANP. Entretanto, para as plantas CARAMURU SS e CARAMURU IP, ambas de Goiás, não foram encontradas a capacidade de produção diária de biodiesel pois ambas foram mapeadas além da lista da ANP.

Gráfico 6 - Capacidade de produção das plantas biodiesel que são interligadas à outras plantas em Metro Cúbico por Dia (Nm³/dia).



Fonte: Adaptado da ANP.

A empresa JBS S/A apresenta a maior capacidade produtiva, o que reflete o investimento da empresa no segmento do biodiesel e sua integração com outras operações industriais provavelmente ligadas à cadeia de produção de proteína animal. As demais empresas completam a lista com plantas de biodiesel de menor porte estrategicamente interligadas a outras unidades, otimizando a logística e o aproveitamento de insumos.

4.1.2.2. Plantas com esmagadora de soja

As plantas com esmagadora de soja podem ser consideradas como biorrefinaria de fase 3 de acordo com Kamm et al. pois podem utilizar diversos tipos de matérias-primas e métodos de processamento para produzir uma infinidade de produtos e de intermediários biológicos e químicos. Em nosso mapeamento

encontramos 22 plantas deste tipo presentes em todas as regiões do Brasil, exceto o Norte.

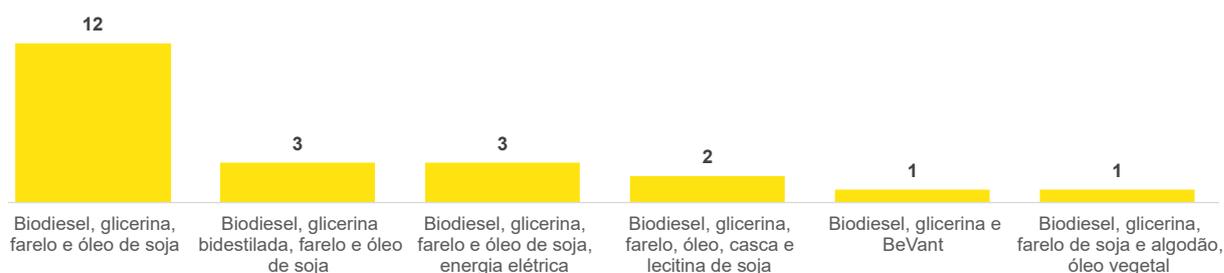
Figura 23 - Mapa das plantas produtoras de biodiesel que tem esmagadora de soja.



Fonte: Elaboração própria.

As plantas com o maquinário de esmagadora de soja têm a possibilidade de que o grão de soja seja introduzido diretamente na linha de produção do biodiesel, pois a esmagadora transforma os grãos em óleo de soja. Desse modo, todas estas refinarias produzem óleo de soja degomado e farelo de soja por conta desta etapa, além da produção de biodiesel e glicerina que são os produtos já esperados ao final do processo. O gráfico a seguir apresenta uma visão abrangente dos produtos gerados por estas biorrefinarias em seus processos industriais.

Gráfico 6 - Contabilização das biorrefinarias com esmagadora de soja em relação a seus produtos finais.

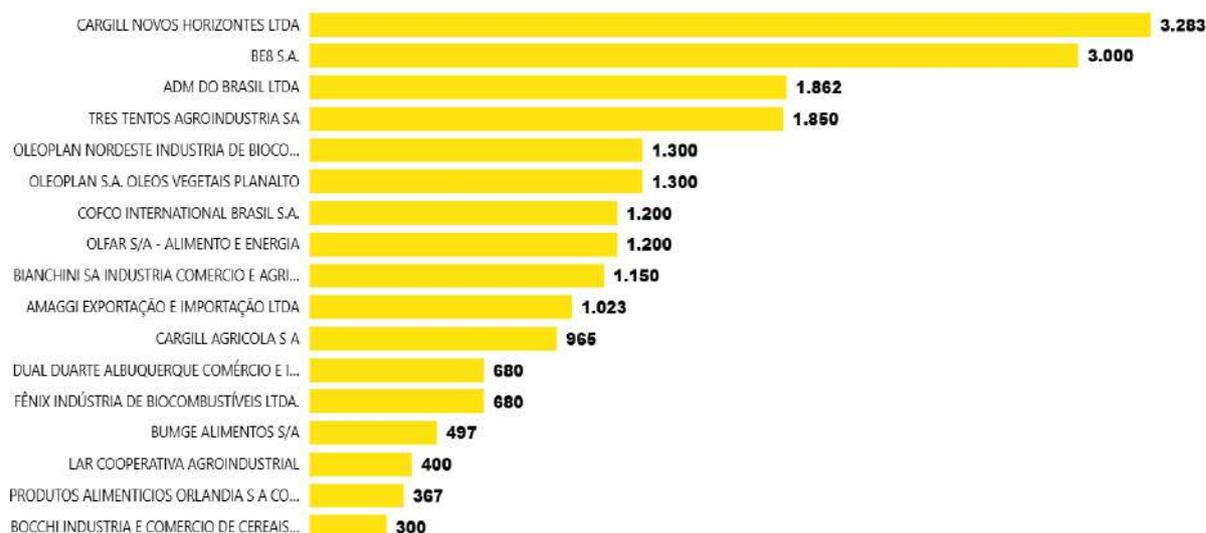


Fonte: Elaboração própria.

No gráfico pode-se observar que biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado é a combinação de produtos mais comum nas biorrefinarias, como discutido anteriormente, representando o núcleo da produção desse tipo de biorrefinaria. Além dessa combinação predominante, pode-se notar a diversificação dos processos industriais. No mapeamento apenas quatro biorrefinarias investem em etapas adicionais de purificação da glicerina visando a produção de glicerina bidestilada ou refinada, que possui maior valor de mercado.

Além disso, outras biorrefinarias expandem seu portfólio incluindo produtos como lecitina de soja, casca de soja ou farelo de algodão, demonstrando flexibilidade no aproveitamento de matérias-primas e alto investimento em pesquisas. Um caso notável é o *BeVant*, da empresa Be8, que é um derivado de alta pureza (99% de ésteres) e pode ser utilizado diretamente em motores a diesel, sendo indicado para atender as demandas dos setores de logística, de transportes coletivos e de cargas nos modais rodoviário, hidroviário, marítimo e ferroviário, assim como equipamentos para a produção de minérios. No gráfico a seguir são informadas as capacidades de produção de biodiesel destas biorrefinarias de acordo com a ANP.

Gráfico 7 - Capacidade de produção das plantas biodiesel que possuem esmagadora de soja em Metro Cúbico por Dia (Nm^3/dia).



Fonte: Adaptado da ANP (2025).

O gráfico evidencia uma estrutura de mercado com forte concentração nas grandes corporações, que dominam as maiores capacidades de produção de biodiesel enquanto empresas menores complementam o ecossistema. Essa

hierarquia é comum em setores intensivos em capital e tecnologia, como o de biorrefinarias e o agronegócio. Pode-se notar também que a presença de empresas internacionais e nacionais, além de cooperativas, mostra a dinâmica competitiva e colaborativa das biorrefinarias de biodiesel com esmagadora de soja, essencial para o desenvolvimento sustentável da bioeconomia no Brasil.

4.1.2.3. Plantas com matéria-prima de óleo de palma

Apesar do volume de produção do óleo de palma ser muito inferior ao da produção da soja e ter pouca representatividade no Brasil (USDA,2022), a palma de óleo produz até 8 vezes mais óleo por hectare do que a soja. Ou seja, enquanto a soja rende cerca de 500 litros por hectare, a palma de óleo pode gerar 6.000 litros por hectare (ELGHARBAWY et a, 2021). Entretanto, em nosso mapeamento foram contabilizadas somente seis biorrefinarias que produzem biodiesel a partir de óleo de palma.

Figura 24 - Mapa das plantas produtoras de biodiesel originário de óleo de palma.

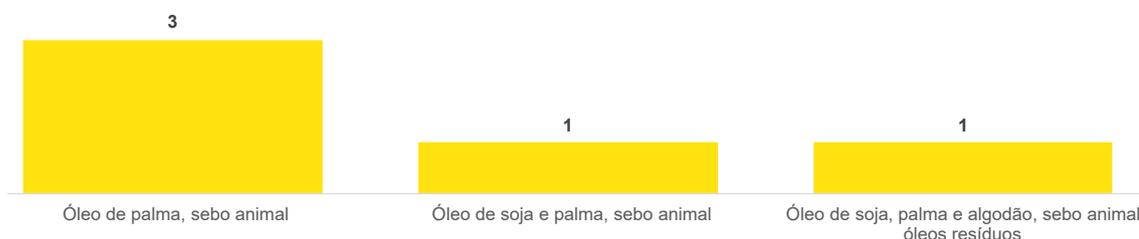


Fonte: Elaboração própria.

Todas estas biorrefinarias que utilizam o óleo de palma como matéria-prima precisam complementar seus insumos com outras matérias-primas. Por conta disso, o sebo bovino ou o sebo animal está presente em todas estas plantas complementando o óleo vegetal. Essa combinação entre ambas pode ser atribuída pela alta produtividade do óleo de palma e o menor custo e o aproveitamento de

resíduos da indústria pecuária. Desse modo, essa combinação equilibra aspectos de sustentabilidade e eficiência econômica.

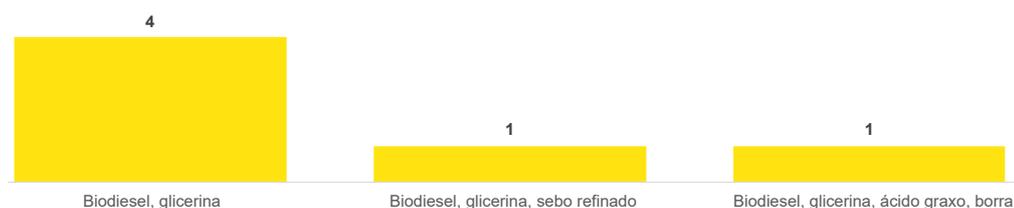
Gráfico 8: Matérias-primas por quantidade de biorrefinarias de biodiesel que utilizam óleo de palma.



Fonte: Elaboração própria.

Pode-se observar ainda que há a presença do óleo de soja na complementação da produção de biodiesel neste tipo de biorrefinaria. Isto ocorre devido a uma combinação de fatores estratégicos, econômicos e logísticos. Há grande disponibilidade de soja com sua cadeia de produção já estruturada e integrada ao setor de biocombustíveis. Além disso, o óleo de soja possui propriedades físico-químicas que complementam o óleo de palma, que pode solidificar em temperaturas baixas, e o sebo bovino que tende a oxidar mais rápido. Portanto, essa combinação permite ajustar a qualidade do biodiesel.

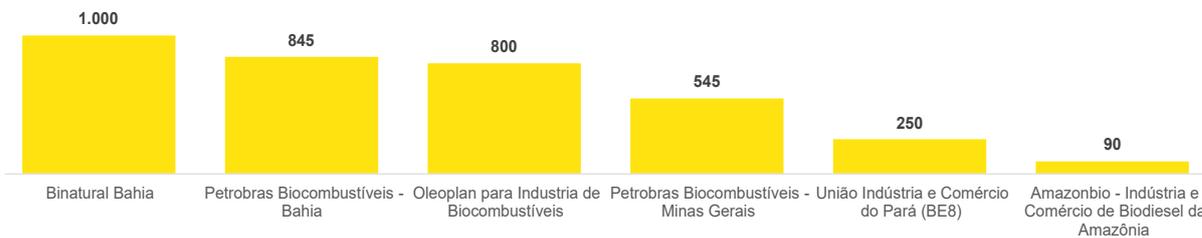
Gráfico 9 - Contabilização das biorrefinarias que utilizam óleo de soja em relação a seus produtos finais.



Fonte: Elaboração própria.

Todas as biorrefinarias, além da produção do biodiesel, produzem a glicerina que é um subproduto de grande valor agregado e inevitável de gerar no processo de transesterificação para produzir o biocombustível. Além disso, a biorrefinaria da Petrobras Biocombustíveis S/A produz sebo refinado que é obtido pela clarificação do sebo animal e pode ser usado na fabricação de sabonete, ração, lubrificante, etc.

Gráfico 10 - Capacidade de produção das plantas biodiesel que utilizam óleo de palma como matéria-prima em Metro Cúbico por Dia (Nm³/dia).



Fonte: Adaptado da ANP (2025).

Empresas de diversos portes aproveitam a alta produtividade do óleo de palma para produção de biodiesel. Enquanto grandes empresas lideram em capacidade instalada, a presença de operações menores mostra oportunidades para desenvolvimento regional sustentável. Esta configuração sugere um setor em evolução, que busca equilibrar escala industrial com características locais da produção agrícola.

4.1.2.4. Plantas com processamento de esterificação

Como foi visto no capítulo 2, a produção de biodiesel utiliza como matéria-prima óleos e gorduras, sendo possível observar na matriz de produção brasileira uma grande variedade de tipos destes recursos. Ao longo dos anos, tem-se utilizado cada vez mais nesta matriz os óleos residuais, que pode ser, por exemplo, o óleo de fritura. De acordo com RAMOS (2017), a cada um litro de óleo residual pode-se gerar novecentos e oitenta mililitros de biodiesel.

Todavia, a ampla variação no tipo de óleos residuais utilizados na produção de biodiesel é uma problemática para o processo de produção pois ocasiona perdas significativas de rendimento (Hochscheidt, 2020). Quando os óleos são submetidos ao processo de fritura são expostos a altas temperaturas, a umidade, a atmosfera oxidante e a componentes dos alimentos diversos que originam alterações oxidativas, além de degradar suas estruturas. Com isso, há a formação de ácidos graxos livres, peróxidos e materiais particulados (Bueno-Borges, 2019). Dessa forma, é necessário que haja uma etapa de preparação dos óleos antes da produção de biodiesel.

Focando nisso, também foram classificadas como biorrefinarias as plantas que apresentam a etapa de esterificação, que é a etapa de pré-tratamento dos óleos no qual ocorre a diminuição dos ácidos graxos livres, além de evitar a futura formação de

sabões no processamento, queda de rendimento e dificuldades de purificação e separação dos ésteres sintetizados (Hochscheidt, 2020). Neste modelo foram mapeadas 5 plantas no território brasileiro no qual sua diferenciação é a presença da etapa de esterificação.

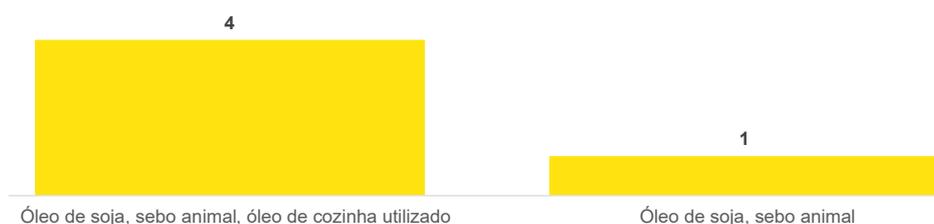
Figura 25 - Mapa das plantas produtoras de biodiesel com etapa de esterificação.



Fonte: Elaboração própria.

A necessidade de etapa de esterificação está diretamente ligada às características das matérias-primas utilizadas por estas biorrefinarias. Os óleos recuperados contêm altos teores de ácidos graxos livres, exigindo a etapa de esterificação antes da transesterificação convencional. Desse modo, essas biorrefinarias podem utilizar matérias-primas de menor qualidade e mais econômicas, aumentando a viabilidade financeira da produção de biodiesel e estimulando a economia circular.

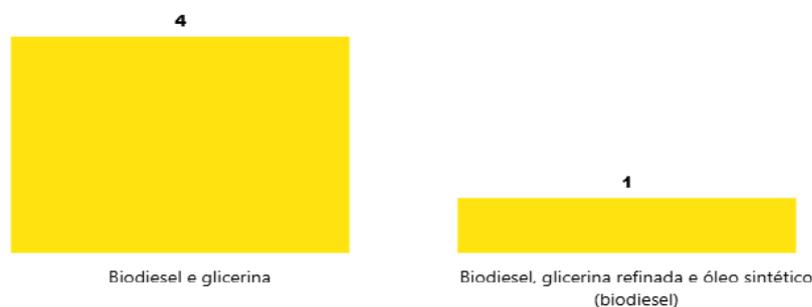
Gráfico 11 - Matérias-primas por quantidade de biorrefinarias de biodiesel com etapa de esterificação.



Fonte: Elaboração própria.

Assim como as biorrefinarias que utilizam óleo de palma para produzir biodiesel, aqui também pode-se observar o óleo de soja na cadeia de produção. Como já foi discutido, no país há grande disponibilidade de soja, sendo estratégico a sua utilização na produção do biocombustível. Assim, este tipo de biorrefinaria aumenta a eficiência econômica da produção de biodiesel e promove práticas industriais mais sustentáveis.

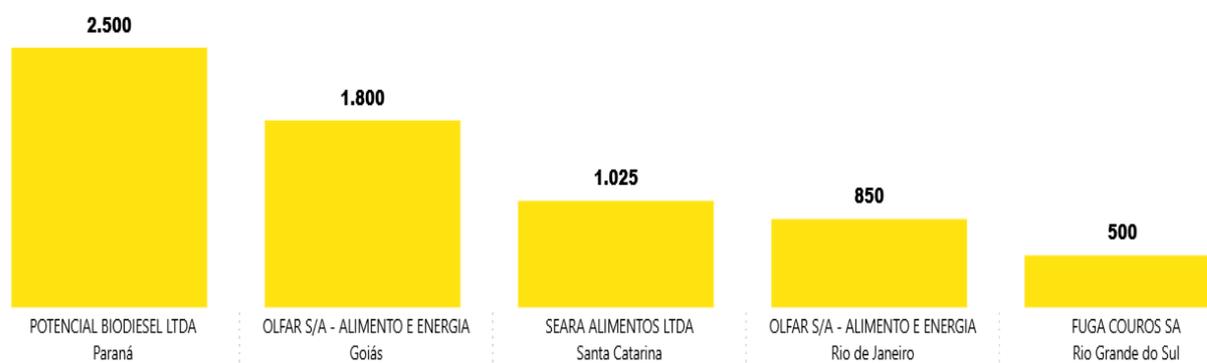
Gráfico 12 - Contabilização das biorrefinarias de biodiesel com etapa de esterificação em relação a seus produtos.



Fonte: Elaboração própria.

Das cinco biorrefinarias, quatro produzem apenas biodiesel e glicerina, destacando que a produção de biodiesel é uma tecnologia consolidada e que deve ser estimulada a pesquisa e desenvolvimento neste setor produtivo brasileiro. Se destaca a planta da Potencial Biodiesel LTDA, do Paraná, que produz além do biodiesel e glicerina refinada, um óleo sintético. De acordo com a empresa, este óleo sintético é obtido por glicerólise, processo no qual os ácidos graxos gerados depois da acidificação do sabão formado na transesterificação reagem com glicerol, formando triglicerídeos, diglicerídeos e monoglicerídeos que podem ser posteriormente transesterificados e convertidos em biodiesel. A implementação dessa unidade permite o aproveitamento de 100% dos subprodutos do biodiesel.

Gráfico 13: Capacidade de produção das plantas biodiesel com etapa de esterificação em Metro Cúbico por Dia (Nm³/dia).



Fonte: Adaptado da ANP (2025).

A etapa de esterificação é de extrema importância para as plantas que utilizam matérias-primas com alto teor de ácidos graxos livres. O fato destas plantas apresentarem capacidades variadas de produção pode indicar que a tecnologia está sendo adotada tanto por grandes produtores quanto por empresas menores. Isto reforça que a tecnologia de esterificação é viável em diversas escalas.

A seguir há a tabela resumo das plantas definidas como biorrefinarias de biodiesel no Brasil de acordo com este estudo, sendo baseado nas plantas de biodiesel informadas pela ANP em 2025.

Tabela 3 – Resumo das biorrefinarias de biodiesel no Brasil.

| Razão Social | Estado | Matéria-prima | Classificação |
|---|--------|--|---------------------------------|
| ADM DO BRASIL LTDA | MT | Soja | Com esmagadora de soja |
| ADM DO BRASIL LTDA | SC | Soja | Com esmagadora de soja |
| AMAGGI EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO LTDA | MT | Soja | Com esmagadora de soja |
| AMAZONBIO - INDUSTRIA E COMERCIO DE BIODIESEL DA AMAZONIA LTDA. | RO | Óleo de palma e sebo bovino | Matéria-prima com óleo de palma |
| BE8 S.A. | PR | Soja e óleo de canola | Com esmagadora de soja |
| BE8 S.A. | RS | Soja, sebo bovino e cereais de inverno | Com esmagadora de soja |

| | | | |
|--|----|--|---|
| BIANCHINI SA INDUSTRIA COMERCIO E AGRICULTURA | RS | Soja | Com esmagadora de soja |
| BINATURAL BAHIA LTDA | BA | Óleo de soja, óleo de palma, óleo de algodão, sebo bovino e óleos residuais | Matéria-prima com óleo de palma |
| BOCCHI INDUSTRIA E COMERCIO DE CEREAIS LTDA | RS | Soja | Com esmagadora de soja |
| BUMGE ALIMENTOS S/A | MT | Soja | Com esmagadora de soja |
| CARAMURU ALIMENTOS S/A | MT | Óleo de soja | Interligada com outra planta de produção diversa |
| CARAMURU IP | GO | Óleo de soja | Interligada com outra planta de produção diversa |
| CARAMURU SS | GO | Óleo de soja | Interligada com outra planta de produção diversa |
| CARGILL AGRICOLA S A | MS | Soja | Com esmagadora de soja |
| CARGILL NOVOS HORIZONTES LTDA | GO | Soja e gordura animal | Com esmagadora de soja |
| CARGILL NOVOS HORIZONTES LTDA | RS | Soja | Com esmagadora de soja |
| CARGILL NOVOS HORIZONTES LTDA | TO | Soja e gordura animal | Com esmagadora de soja |
| COFCO INTERNATIONAL BRASIL S.A. | MT | Soja | Com esmagadora de soja |
| DUAL DUARTE ALBUQUERQUE COMÉRCIO E INDUSTRIA LTDA. | MT | Soja e caroço de algodão | Com esmagadora de soja |
| FÊNIX INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA. | MT | Soja e sebo bovino | Com esmagadora de soja |
| FUGA COUROS SA | RS | Óleo de soja, gordura animal e óleo de cozinha usado | Processamento por esterificação |

| | | | |
|--|----|--|--|
| JBS S/A | MT | Sebo bovino, gordura de frango e suíno, óleos vegetais e óleo de cozinha usado | Interligada com outra planta de produção diversa |
| JBS S/A | SP | Sebo bovino, gordura de frango e suíno, óleos vegetais e óleo de cozinha usado | Interligada com outra planta de produção diversa |
| LAR COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL | MS | Soja | Com esmagadora de soja |
| MINERVA S.A. | GO | Sebo bovino, óleo vegetal e animal | Interligada com outra planta de produção diversa |
| OLEOPLAN NORDESTE INDUSTRIA DE BIOCOMBUSTIVEIS LTDA. | BA | Soja e sebo bovino | Com esmagadora de soja |
| OLEOPLAN PARA INDUSTRIA DE BIOCOMBUSTIVEL LTDA | PA | Óleo de palma e sebo bovino | Matéria-prima com óleo de palma |
| OLEOPLAN S.A. OLEOS VEGETAIS PLANALTO | RS | Soja e sebo bovino | Com esmagadora de soja |
| OLFAR S/A - ALIMENTO E ENERGIA | BA | Óleo de soja e sebo bovino | Plantas com processamento por esterificação |
| OLFAR S/A - ALIMENTO E ENERGIA | RJ | Óleo de soja, sebo bovino e óleo vegetal recuperado (OVR) | Processamento por esterificação |
| OLFAR S/A - ALIMENTO E ENERGIA | RS | Soja | Com esmagadora de soja |

| | | | |
|---|----|--|---|
| PETROBRAS BIOCOMBUSTIVEIS S/A | MG | Óleo de soja, óleo de palma e sebo bovino | Matéria-prima com óleo de palma |
| PETROBRAS BIOCOMBUSTIVEIS S/A | BA | Óleo de soja, óleo de palma e sebo bovino | Matéria-prima com óleo de palma |
| POTENCIAL BIODIESEL LTDA | PR | Óleo de soja, sebo bovino e óleo de cozinha usado | Processamento por esterificação |
| PRODUTOS ALIMENTICIOS ORLANDIA S A COMERCIO E INDUSTRIA | SP | Soja e óleo de cozinha usado | Com esmagadora de soja |
| SEARA ALIMENTOS LTDA | SC | Sebo bovino, sebo de aves e óleo de cozinha usado | Com processamento por esterificação |
| TRES TENTOS AGROINDUSTRIA SA | MT | Soja | Com esmagadora de soja |
| TRES TENTOS AGROINDUSTRIA SA | RS | Soja e óleo residual | Com esmagadora de soja |
| UNIAO INDUSTRIA E COMERCIO DO PARA LTDA (BE8) | PA | Óleo de palma e sebo animal | Matéria-prima com óleo de palma |
| USINA BARRALCOOL S/A | MT | Óleo de soja e sebo bovino | Interligada com outra planta de produção diversa |

Fonte: Elaboração própria.

4.1.3. Etanol

Foram mapeadas 359 plantas produtoras de etanol em funcionamento em território brasileiro no período de abril de 2025, segundo dados disponibilizados pela ANP.

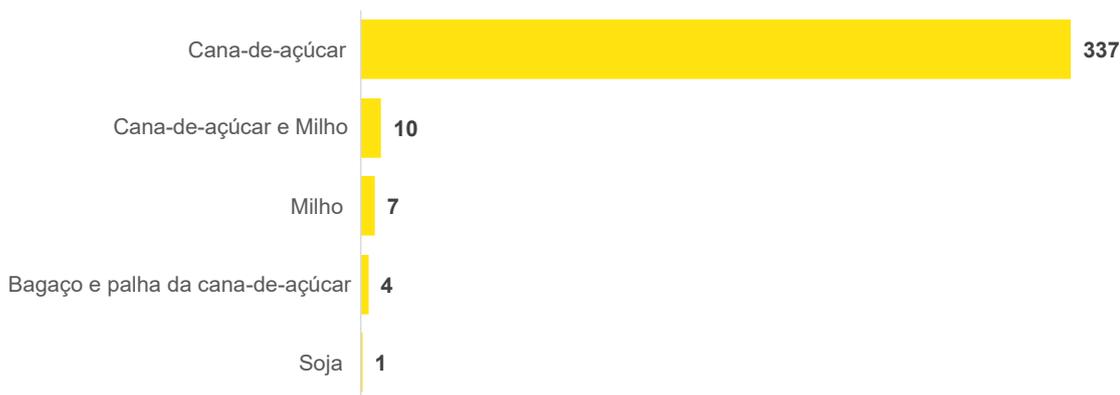
Figura 26 - Mapa das plantas produtoras de etanol no país.



Fonte: Elaboração própria.

Destas, 337 plantas (93,9%) utilizam como matéria-prima a cana-de-açúcar, 7 plantas (2,0%) utilizam exclusivamente o milho como insumo e 10 plantas (2,8%) utilizam cana-de-açúcar e milho, ou seja, são usinas *flex*. Além disso, há 4 (1,1%) plantas que utilizam o bagaço e a cana-de-açúcar com insumo e apenas 1 (0,3%) planta utiliza a soja como matéria-prima.

Gráfico 14 - Matérias-primas das plantas produtoras de etanol no Brasil.



Fonte: Elaboração própria.

Destas, contabilizaram-se 164 plantas (45,7% do total) que seguem a forma de produção “clássica” de etanol a partir de cana-de-açúcar, no qual esta configuração gera como produtos finais: açúcar, etanol e energia a partir da queima do bagaço e palha da cana. Mesmo que esta seja a forma predominante de usinas de etanol no Brasil, não é a mais eficiente, pois descarta por meio da combustão o grande potencial

energético dos resíduos da cana com potencial para produzir biocombustíveis. Por conta disso, neste trabalho, não consideramos esta configuração como biorrefinaria.

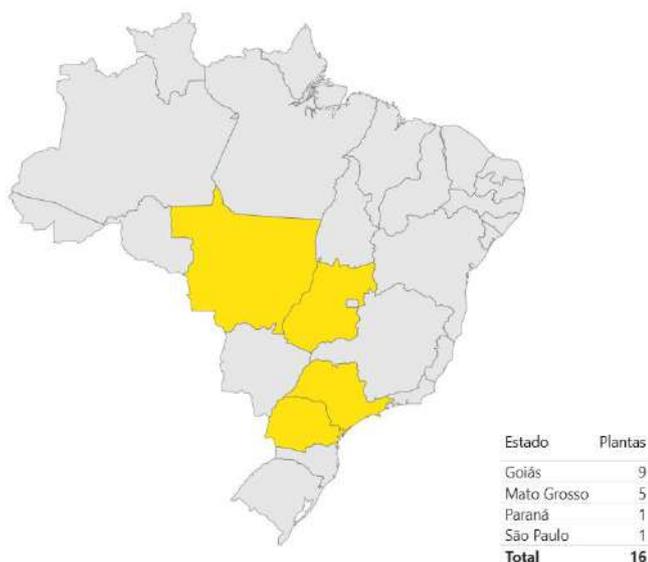
Figura 27 - Mapa das plantas clássicas produtoras de etanol no país.



Fonte: Elaboração própria.

Também foram contabilizadas 16 plantas *Flex* (4,5% do total), ou seja, que podem utilizar tanto cana-de-açúcar quanto milho para produzir biocombustível. O modelo de usinas *Flex* é ideal pois reduz a ociosidade da planta no período de entressafra da cana, além de que o milho não precisa ser processado logo após a colheita, podendo ser estocado.

Figura 28 - Mapa das plantas de usinas *Flex* produtoras de etanol no país.



Fonte: Elaboração própria.

Mapeou-se também 6 plantas de etanol (1,7% do total) aptas para produzir etanol que será usado como matéria-prima na produção de Combustível Sustentável de Aviação (*Sustainable Aviation Fuel – SAF*). Estas plantas receberam o certificado da ISCC CORSIA Plus (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) que comprova que o etanol produzido cumpre os requisitos internacionais para a produção de SAF. A certificação abrange toda a cadeia de valor dos biocombustíveis, desde o cultivo da biomassa até o consumo final.

Figura 29. Mapa das plantas produtoras de etanol no país que têm certificação ISCC CORSIA Plus.



Fonte: Elaboração própria.

Deste modo, definiram-se como biorrefinarias as plantas que melhor utilizam a sua matéria-prima, minimizando resíduos visando suas transformações em produtos de valor. Nos tópicos a seguir serão especificadas as classificações.

4.1.3.1. Biorrefinarias de etanol de segunda geração

As biorrefinarias de etanol de segunda geração, como discutido no capítulo 2, utilizam a biomassa lignocelulósica para a produção de etanol. Por ser uma tecnologia relativamente nova e de grande investimento, foram mapeadas apenas 5 plantas produtoras de etanol de segunda geração no Brasil.

No processo convencional de obtenção de etanol apenas um terço da sacarose encontrada na cana é aproveitado pois está concentrada no caldo e no melaço. O restante que é retido no bagaço e na palha é perdido. Desse modo, as plantas de

etanol de segunda geração são de extrema importância pois conseguem absorver todo potencial energético da cana de açúcar sem necessitar de aumento da área cultivada e evitam a competição alimentar com o etanol de primeira geração, visto que utilizam biomassa não alimentar.

Figura 30 - Mapa das plantas produtoras de etanol de segunda geração no Brasil.



Fonte: Elaboração própria.

Das plantas de etanol de segunda geração, apenas uma está fora do estado de São Paulo, que é a planta da Bioflex Agroindustrial S.A., localizada em Alagoas. Por muito tempo a planta operou de forma instável e com baixa utilização da sua capacidade devido aos altos custos de enzimas e difícil concorrência com o etanol de primeira geração. Por conta disso, atualmente a planta prioriza a produção de biometano e etanol convencional mesmo com capacidade para produzir etanol de segunda geração.

As outras quatro plantas são de responsabilidade da empresa Raízen e estão localizadas no estado de São Paulo. A pioneira da empresa foi a unidade localizada em Piracicaba, no Parque de Bioenergia Costa Pinto, em operação desde 2015. Esta planta pode ser considerada como o melhor exemplo de biorrefinaria do país pois utilizando apenas a cana-de-açúcar tem capacidade para produção de etanol de primeira geração, etanol de segunda geração e biogás a partir dos resíduos de produção. Além disso, a planta ainda obteve certificação ISCC CORSIA Plus (*Carbon*

Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) no qual o etanol é apto para ser matéria-prima para SAF.

As outras plantas da Raízen também são exemplos de inovação e boa utilização do material lignocelulósico, mas não produzem tantos produtos quanto a planta de Piracicaba. A planta de Guariba, no Parque de Bioenergia Bonfim, iniciou operação em 2023 e produz etanol de segunda geração e biogás. Já as plantas de Valparaíso e de Barra Bonita produzem apenas o etanol lignocelulósico.

4.1.3.2. Biorrefinarias de etanol que utilizam como matéria-prima a cana-de-açúcar

Para as usinas de etanol a partir de cana-de-açúcar os principais resíduos gerados no processo são o bagaço, palha e folhas da cana, a torta de filtro que é gerada na filtragem do caldo clarificado, a vinhaça que é o líquido residual da destilação, sendo rico em nutrientes, e as leveduras descartadas após a fermentação.

Figura 32 - Mapa das biorrefinarias produtoras de etanol de cana-de-açúcar.



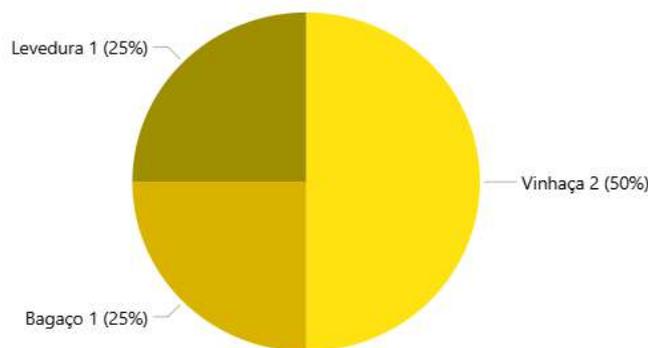
Fonte: Elaboração própria.

4.1.3.2.1. Biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam apenas um resíduo.

Nesta classificação há apenas quatro plantas de etanol de cana que se enquadram nesta categoria. A primeira planta é da T.G. Agro Industrial LTDA. que fica no estado do Maranhão e aproveita apenas o bagaço da cana-de-açúcar, usado para gerar energia elétrica por meio da queima desta biomassa e como ração animal. A planta é uma biorrefinaria com produção de 200 m³ por dia de etanol anidro e 420 m³

por dia de etanol hidratado. Apesar de ser uma usina de cana-de-açúcar, esta biorrefinaria não produz açúcar, preferindo focar na produção de etanol.

Gráfico 15 - Tipo das biorrefinarias de etanol de cana que utilizam apenas um resíduo.



Fonte: Elaboração própria.

Há ainda duas plantas da empresa Cocal Energia SA, ambas estão localizadas no estado de São Paulo, uma em Paraguaçu Paulista e Narandiba, que aproveitam a vinhaça oriunda da destilação para a geração de biometano. Estas duas plantas foram mapeadas também no tópico 4.1.1. de Biogás. Entretanto, neste tópico, classificamos como biorrefinaria a planta de etanol que gera a vinhaça e está conectada à planta de biogás.

Analisando as capacidades produtivas, a planta de Paraguaçu Paulista tem capacidade de produção de 200 m^3 por dia de etanol anidro e de 600 m^3 por dia de etanol hidratado. Já a planta de Narandiba tem capacidade de produção de 800 m^3 por dia de etanol anidro e de 1200 m^3 por dia de etanol hidratado. Ambas as plantas geram açúcar, etanol e biometano.

Gráfico 16 - Produtos das biorrefinarias de etanol de cana que utilizam apenas um resíduo.



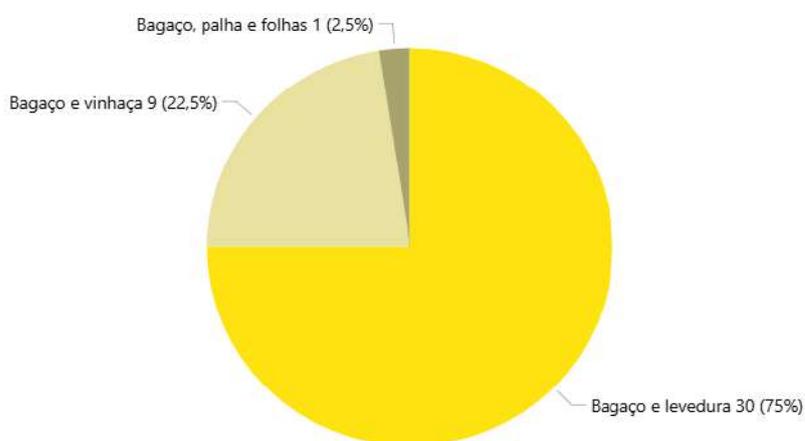
Fonte: Elaboração própria.

Por fim, está a planta da Alcoeste Bioenergia Fernandópolis, em São Paulo, que utiliza o resíduo da levedura para alimentação animal e produz açúcar, álcool e óleo fusel. A planta tem capacidade produtiva de 420 m³ por dia de etanol anidro e de 800 m³ por dia de etanol hidratado.

4.1.3.2.2. Biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam apenas 2 resíduos.

Nesta classificação as plantas mapeadas absorvem apenas dois tipos de resíduos da usina sucroalcooleira. As configurações são as seguintes:

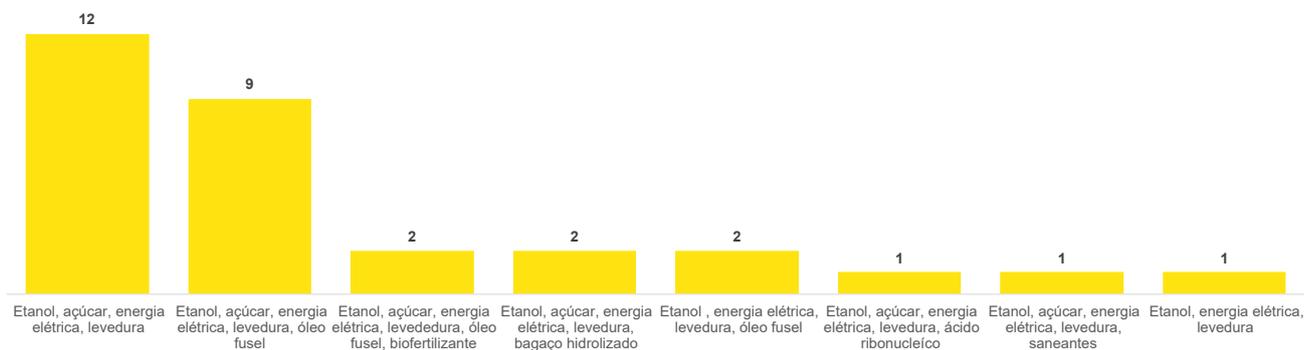
Gráfico 17 - Tipo das biorrefinarias de etanol de cana que utilizam apenas dois resíduos.



Fonte: Elaboração própria.

Em maior volume estão as plantas que aproveitam os resíduos do bagaço e das leveduras, contabilizando trinta unidades. Todas elas absorvem o bagaço para a produção de energia elétrica por meio de sua queima e as leveduras para alimentação animal. Deste total, doze usinas produzem apenas açúcar, etanol, energia elétrica e leveduras. Outras nove usinas produzem, além destes produtos, o óleo fusel, gerado no processo de destilação do produto da fermentação para a produção de etanol hidratado. Esse óleo fusel pode ser aproveitado nas indústrias de cosméticos e lubrificantes, por exemplo.

Gráfico 18 - Produtos das biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam os resíduos do bagaço e leveduras.

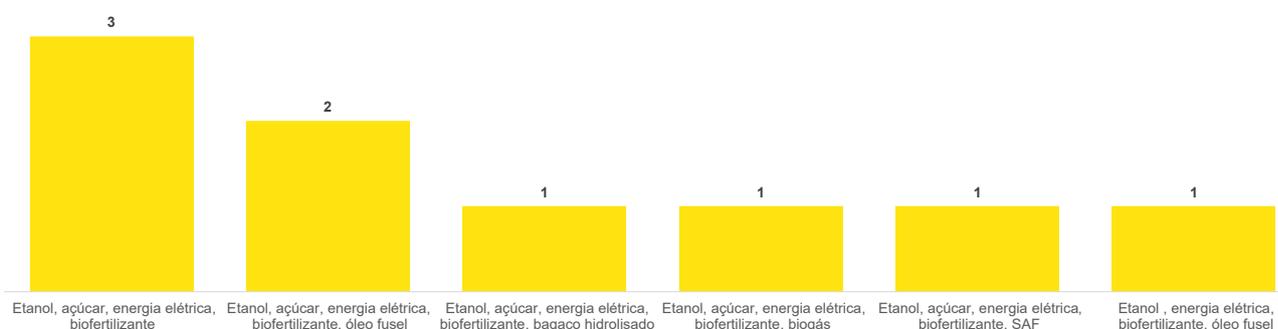


Fonte: Elaboração própria.

Em menor quantidade estão as plantas que produzem biofertilizante do bagaço da cana-de-açúcar (2 unidades), bagaço hidrolizado (2 unidades), ácido ribonucleico (1 unidade) e saneantes (1 unidade). Por fim, destas 30 biorrefinarias apenas 1 não produz açúcar, sendo focada na produção de etanol.

Há também as plantas que absorvem os resíduos do bagaço e da vinhaça, totalizando 9 usinas. Todas elas utilizam o bagaço para a produção de energia elétrica por meio da queima da biomassa. Já a vinhaça gerada é aproveitada como biofertilizante nos canaviais. Neste caso, estão as plantas da Energética Serranópolis LTDA (Goiás), Moema Bioenergia S.A. (São Paulo) e Pedro Afonso Bioenergia LTDA. (Tocantins) que produzem açúcar, etanol, energia elétrica e biofertilizante.

Gráfico 19 - Produtos das biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam os resíduos do bagaço e da vinhaça.



Fonte: Elaboração própria.

Além disso, as plantas Diana Bioenergia Avanhandava SA e Raízen, ambas em São Paulo, produzem além dos produtos anteriormente citados, o óleo fusel. Nesta mesma classificação está a planta da Raízen que além de produzir açúcar, etanol, energia elétrica e biofertilizante, gera também bagaço hidrolisado, provavelmente de suporte para as suas plantas de etanol de segunda geração.

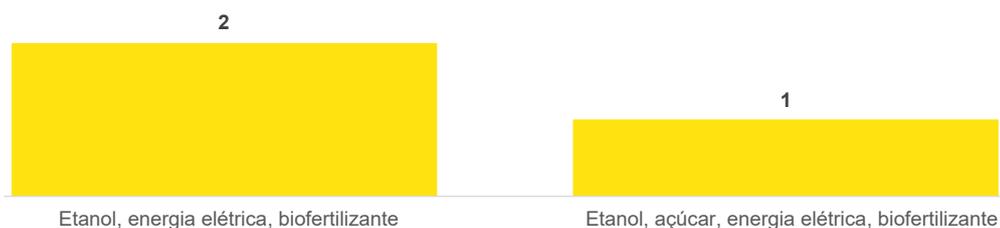
Nesta lista, a planta da Tereos do município de Olímpia, São Paulo, chama a atenção pelo aproveitamento da vinhaça para produzir biogás além de apenas biofertilizante. Esta é a única planta de biogás desta gigante do setor sucroalcooleiro, o que demonstra como ainda é pequeno o interesse das grandes empresas nesta tecnologia de produção energética. Outra planta da Tereos também está nesta listagem. Localizada no município de Guaíra, também São Paulo, seu destaque é para a produção de etanol próprio para a produção de SAF, além da produção de biogás.

Na listagem de plantas que absorvem o bagaço e a vinhaça, a única planta que não produz açúcar é a Cooperativa Agroindustrial Nova Produtiva, localizada no estado do Paraná. A usina tem o enfoque total na produção de etanol, além de produzir energia elétrica, biofertilizante e óleo fusel.

Há também a planta da Raízen de Jaú, município de São Paulo, que absorve de modo inteligente o bagaço, as plantas e folhas da cana-de-açúcar. O bagaço, assim como as outras plantas, é queimado para a geração de energia, mas as plantas e folhas do vegetal são administrados para a produção de pellets. Isto contorna a problemática de produção de pellets que, tradicionalmente, utiliza madeira de árvore como matéria prima, visto que uma árvore demora anos para crescer, enquanto a cana rebrota todo ano. Isto compensa as emissões da queima de biomassa e a necessidade adicional de ocupação do solo.

4.1.3.2.3. Biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam 3 resíduos.

Nesta classificação foram mapeadas três plantas de etanol de cana-de-açúcar que absorvem três tipos de resíduos da usina sucroalcooleira: bagaço, vinhaça e torta de filtro. Destas, duas plantas têm foco no aproveitamento do bagaço, vinhaça e torta. Ambas são da empresa Agropecuaria Novo Milenio LTDA, no estado do Mato Grosso, e não produzem açúcar, tendo foco total na produção de etanol. Além disso, produzem energia elétrica pela queima do bagaço e biofertilizante por meio do aproveitamento da vinhaça e da torta de filtro.

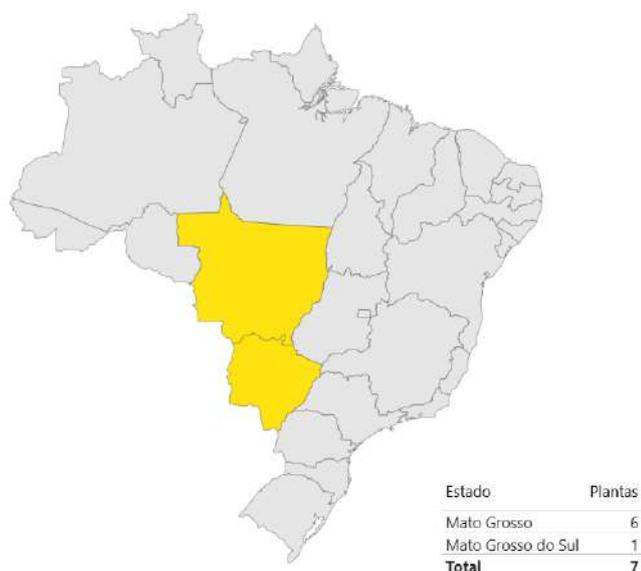
Gráfico 20 - Produtos das biorrefinarias de etanol de cana que aproveitam três resíduos.

Fonte: Elaboração própria.

A outra biorrefinaria é da empresa Usina São José do Pinheiro LTDA que fica localizada em Sergipe. Sua linha de produção também origina etanol, energia elétrica e biofertilizante, mas diferente das duas usinas anteriores, ela não é focada apenas na produção de etanol, produzindo açúcar também.

4.1.3.3. Biorrefinarias de etanol que utilizam como matéria-prima o milho

Já para as usinas de etanol a partir de milho os principais resíduos são os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), gerados após a fermentação e destilação do milho, tendo na composição a adição de solúveis oriundos da fermentação. Além disso, há o óleo de milho que é extraído durante o processamento do milho, a vinhaça que é o líquido residual da destilação e, por fim, estão as partes não fermentáveis do milho, como cascas e fibras.

Figura 33 - Mapa das biorrefinarias produtoras de etanol de milho.

Fonte: Elaboração própria.

Todas as plantas mapeadas que são biorrefinarias de etanol de milho geram grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) e óleo de milho. Cinco plantas produzem etanol, energia elétrica a partir da queima de biomassa, DDGS e óleo de milho, sendo quatro plantas no Mato Grosso e uma planta no Mato Grosso do Sul.

A planta da Safras Industria e Comercio de Combustiveis LTDA, em Sorriso no Mato Grosso, se diferencia por não produzir o óleo de milho. Outra planta que se diferencia é a da ALD Bioenergia Deciolandia S.A. que está em Nova Marilândia em Mato Grosso por produzir etanol, energia elétrica, DDGS e biofertilizante.

4.1.3.4. Biorrefinarias de etanol que utilizam como matéria-prima a cana-de-açúcar e o milho

Foram mapeadas quatro biorrefinarias *Flex* que utilizam tanto a cana-de-açúcar quanto o milho como matéria-prima para a produção de etanol. A integração de cana e milho permite que as usinas sejam mais flexíveis na escolha da matéria-prima, adaptando-se às condições do mercado e à disponibilidade de cada cultura.

Figura 33 - Mapa das biorrefinarias produtoras de etanol de cana-de-açúcar e milho.



Fonte: Elaboração própria.

Duas destas plantas estão no estado de Goiás, a planta da Cerradinho Bioenergia S.A. e a SJC Bioenergia LTDA., que podem produzir açúcar, etanol, energia elétrica por meio da queima de biomassa, grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) e óleo de milho.

Já a planta da Usimat Destilaria de Alcool LTDA, no Mato Grosso, não produz açúcar, tendo foco total na produção de etanol. Entretanto, também produz energia elétrica, grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) e óleo de milho. Por fim, a planta do estado do Paraná, a Cooperval Cooperativa Agroindustrial Vale do Ivaí LTDA, não produz óleo de milho, dando enfoque à produção de açúcar, etanol, energia elétrica e grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS).

4.1.3.5. Biorrefinarias de etanol que utilizam como matéria-prima a soja

Para as usinas de etanol a partir de soja os resíduos principais são a casca da soja, o óleo de soja que é extraído durante o processamento, o farelo de soja que é subproduto da extração do óleo, a vinhaça originada na destilação e as leveduras descartadas após a fermentação.

Figura 34 - Mapa das biorrefinarias produtoras de etanol de soja.



Fonte: Elaboração própria.

Mapeou-se apenas uma biorrefinaria de etanol de soja, a CJ Select S.A. em Minas Gerais. A planta produz etanol a partir dos carboidratos da soja, lecitina de soja, óleo de soja e proteína concentrada de soja (SPC). Esta empresa faz parte de um conglomerado de fabricação de produtos derivados de soja para diversos segmentos, sendo esta planta de etanol inaugurada apenas em 2020. Isso demonstra que mesmo o Brasil sendo um dos principais produtores de soja, nosso mapeamento encontrou apenas esta empresa produzindo etanol de soja, o que demonstra uma grande oportunidade no setor.

A seguir há a tabela resumo das plantas definidas como biorrefinarias de etanol no Brasil de acordo com este estudo, sendo baseado nas plantas de etanol informadas pela ANP em 2025.

Tabela 4 – Resumo das biorrefinarias de etanol no Brasil.

| Razão Social | Estado | Matéria-prima | Classificação |
|--|---------------|----------------------------------|------------------------------|
| AGRO INDUSTRIAS DO VALE DO SAO FRANCISCO SA AGROVALE | BA | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| AGROPECUARIA NOVO MILENIO LTDA | MT | Cana-de-açúcar | Aproveita 3 resíduos da cana |
| AGROPECUARIA NOVO MILENIO LTDA | MT | Cana-de-açúcar | Aproveita 3 resíduos da cana |
| ALCOESTE BIOENERGIA FERNANDOPOLIS S.A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 1 resíduo da cana |
| ALD BIOENERGIA DECIOLANDIA SA | MT | Milho | Etanol de milho |
| BIOFLEX AGROINDUSTRIAL S.A. | AL | Bagaço e palha da cana-de-açúcar | Etanol de 2º geração |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | GO | Cana-de-açúcar e milho | Etanol de cana e milho |
| CJ SELECTA S.A. | MG | Soja | Etanol de soja |
| COCAL COMERCIO INDUSTRIA CANAA ACUCAR E ALCOOL LTDA | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 1 resíduo da cana |
| COCAL COMERCIO INDUSTRIA CANAA ACUCAR E ALCOOL LTDA | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 1 resíduo da cana |
| COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL NOVA PRODUTIVA | PR | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| COOPerval COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL VALE DO IVAI LTDA | PR | Cana-de-açúcar e milho | Etanol de cana e milho |
| DA MATA S.A. - ACUCAR E ALCOOL | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| DENUSA DESTILARIA NOVA UNIAO S/A - EM RECUPERACAO JUDICIAL | GO | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| DIANA BIOENERGIA AVANHANDAVA SA | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |

| | | | |
|--|----|---|---------------------------------|
| ENERGETICA SERRANOPOLIS LTDA | GO | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| FERRARI AGROINDUSTRIA S/A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| FS I INDÚSTRIA DE ETANOL S.A. | MT | Milho | Etanol de milho |
| FS INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA. | MT | Milho | Etanol de milho |
| FS INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA. | MT | Milho | Etanol de milho |
| INPASA AGROINDUSTRIAL S/A | MT | Milho | Etanol de milho |
| INPASA AGROINDUSTRIAL S/A | MS | Milho | Etanol de milho |
| LINS AGROINDUSTRIAL S.A. | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| MALOSSO BIOENERGIA S.A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| MOEMA BIOENERGIA S.A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| NARDINI AGROINDUSTRIAL LTDA | GO | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| NARDINI AGROINDUSTRIAL LTDA | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| PEDRO AFONSO BIOENERGIA LTDA | TO | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| PITANGUEIRAS ACUCAR E ALCOOL LTDA | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| RAIZEN CAARAPO ACUCAR E ALCOOL LTDA | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| RAÍZEN CENTRO-SUL PAULISTA S.A. | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| RAIZEN ENERGIA S.A | SP | Cana-de-açúcar | Etanol de 2º geração |
| RAIZEN ENERGIA S.A | SP | Bagaço e palha da cana-de- açúcar | Etanol de 2º geração |

| | | | |
|---|----|----------------------------------|------------------------------|
| RAIZEN ENERGIA S.A | SP | Bagaço e palha da cana-de-açúcar | Etanol de 2º geração |
| RAIZEN ENERGIA S.A | SP | Bagaço e palha da cana-de-açúcar | Etanol de 2º geração |
| RAIZEN ENERGIA S.A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| RENUKA DO BRASIL S.A. - EM RECUPERACAO JUDICIAL | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| RENUKA VALE DO IVAI S.A. - EM RECUPERACAO JUDICIAL | PR | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| RIO AMAMBAI AGROENERGIA S.A | MS | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| S A USINA CORURIBE ACUCAR E ALCOOL | MG | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| S A USINA CORURIBE ACUCAR E ALCOOL | MG | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| SAFRAS INDUSTRIA E COMERCIO DE BIOCOMBUSTIVEIS LTDA | MT | Milho | Etanol de milho |
| SANTA VITORIA ACUCAR E ALCOOL LTDA | MG | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| SAO MARTINHO S/A | GO | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| SAO MARTINHO S/A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| SAO MARTINHO S/A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| SAO MARTINHO S/A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| SJC BIOENERGIA LTDA | GO | Cana-de-açúcar e milho | Etanol de cana e milho |
| T.G. AGRO INDUSTRIAL LTDA. | MA | Cana-de-açúcar | Aproveita 1 resíduo da cana |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |

| | | | |
|---|----|---------------------------|---------------------------------|
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| USIMAT DESTILARIA DE ALCOOL LTDA | MT | Cana-de-açúcar e milho | Etanol de cana e milho |
| USINA ACUCAREIRA S. MANOEL S/A. | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| USINA CERRADAO LTDA | MG | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| USINA ENERSUGAR S/A ACUCAR E ALCOOL | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| USINA SANTA ISABEL S/A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| USINA SANTA ISABEL S/A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| USINA SAO DOMINGOS-ACUCAR E ETANOL S/A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| USINA SAO JOSE DO PINHEIRO LTDA | SE | Cana-de-açúcar | Aproveita 3 resíduos da cana |
| USINA SAO LUIZ S A | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| USINAS ITAMARATI S/A | MT | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| VIRALCOOL - ACUCAR E ALCOOL LTDA. | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| VIRALCOOL - ACUCAR E ALCOOL LTDA. | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |
| VIRALCOOL - ACUCAR E ALCOOL LTDA. | SP | Cana-de-açúcar | Aproveita 2 resíduos da cana |

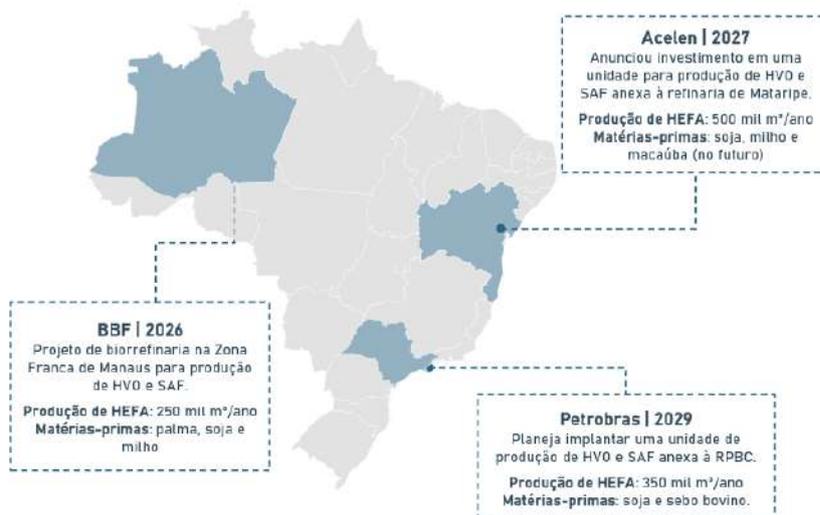
Fonte: Elaboração própria.

4.1.4. Tendência das biorrefinarias brasileira

De acordo com a Empresa de Perspectiva Energética - EPE em setembro de 2024, já existem três projetos anunciados para a produção de SAF (*Fuel for Sustainable Aviation*) em território brasileiro por meio da rota HEFA nos estados de

Manaus, Bahia e São Paulo. Como visto no capítulo 2, a rotas HEFA consiste na conversão de triglicerídeos em cadeias de hidrocarbonetos renováveis através de reações que utilizam hidrogênio e catalisadores.

Figura 36 - Projetos anunciados de produção de SAF no Brasil.



Fonte: Empresa de Perspectiva Energética (2024).

Além disso, a empresa Raízen tem a previsão de ter no ano de 2030 ao menos vinte plantas de etanol de segunda geração funcionando no país, principalmente no estado de São Paulo, aumentando em mais de 50% a capacidade de produção do combustível celulósico da empresa. Contudo, para isto será necessário um investimento de cerca de vinte e quatro bilhões de reais.

4.2. POLÍTICAS PÚBLICAS E INCENTIVOS NO BRASIL PARA OS BIOCOMBUSTÍVEIS

Nas últimas décadas, o Brasil tem se sobressaído na execução de políticas públicas voltadas para o incentivo aos biocombustíveis, estabelecendo-se como um dos principais líderes mundiais neste campo. Iniciativas como o Programa Nacional do Alcool (Pró-Alcool) e a exigência da adição de etanol na gasolina foram cruciais para a diversificação da matriz energética e a diminuição da dependência de combustíveis fósseis, auxiliando na redução dos efeitos ambientais (GOVERNO FEDERAL, 2024).

Estas políticas englobam uma variedade de ações que promovem o desenvolvimento sustentável, que vão desde subsídios e benefícios fiscais até o incentivo à pesquisa e à inovação tecnológica. A implementação de estratégias que promovem a produção de etanol, juntamente com a atualização das tecnologias de extração e processamento, tem possibilitado a competitividade do setor sucroalcooleiro e impulsionado a incorporação de biocombustíveis na matriz energética do país (EMBRAPA, 2011).

Além disso, a convergência entre as políticas de biocombustíveis e os compromissos globais para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa tem criado um cenário regulatório propício para a transição energética. Este contexto estimula a combinação de biocombustíveis com outras fontes de energia renovável, fortalecendo a estratégia brasileira de promover uma mobilidade mais sustentável e em sintonia com os objetivos mundiais de descarbonização (SAE BRASIL, 2023).

4.2.1. Incentivos para o etanol

O Brasil é reconhecido como pioneiro na produção e consumo de etanol combustível, fruto de políticas governamentais implementadas por décadas para incentivar seu uso em veículos automotores. Essas ações têm como objetivo diminuir a dependência de combustíveis fósseis, reduzir a emissão de gases que intensificam o efeito estufa e promover o crescimento econômico do setor sucroalcooleiro.

O Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool), implementado em 1975 como resposta à crise do petróleo de 1973, foi uma das principais políticas governamentais. O programa estimulou a fabricação de etanol a partir da cana-de-açúcar, proporcionando auxílios para o plantio e a edificação de destilarias, além de incentivar o aperfeiçoamento de motores que utilizam etanol. Esta ação levou a uma diminuição considerável da dependência do Brasil em relação ao petróleo importado e ao estabelecimento do país como um dos principais produtores globais de etanol (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2024).

A introdução de veículos *flex fuel* no mercado brasileiro, iniciada em 2003, possibilitou uma maior flexibilidade ao consumidor e incentivou o uso de biocombustíveis. Atualmente, a maioria dos automóveis leves comercializados no Brasil são do tipo *flex*, demonstrando o êxito dessa política. Além disso, o Brasil estabeleceu, através de legislação específica, a exigência da adição de etanol anidro à gasolina. Desde 2015, a proporção obrigatória é de vinte e sete e meio por cento de

etanol na gasolina, o que contribui para a diminuição das emissões de poluentes (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2024).

Ademais, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) foi estabelecida em 2017, com a finalidade de aumentar a contribuição dos biocombustíveis na matriz energética do país e atender aos compromissos assumidos no Acordo de Paris. O RenovaBio define objetivos anuais de descarbonização para a indústria de combustíveis, promovendo a eficiência energética e a diminuição das emissões de gases que intensificam o efeito estufa na produção e consumo de biocombustíveis (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2024).

4.2.2. Incentivos para veículos elétricos

As políticas governamentais do Brasil para veículos elétricos, que englobam os híbridos plug-in (PHEVs) e os totalmente elétricos (BEVs), têm progredido nos últimos anos, visando fomentar a mobilidade sustentável e diminuir as emissões de gases que intensificam o efeito estufa.

O programa Rota 2030 foi substituído pelo Programa Nacional de Mobilidade Verde e Inovação (MOVER) em 2023. O objetivo do MOVER é motivar a indústria nacional a atender às demandas sustentáveis no ramo automobilístico e energético, incentivando investimentos em eficiência energética e definindo limites mínimos de reciclagem na produção de veículos. O IPI Verde, uma das ações do programa, diminui o Imposto sobre Produtos Industrializados para veículos que emitem menos poluentes. Adicionalmente, o MOVER elevou o imposto de importação para veículos elétricos e híbridos importados, incluindo os híbridos *plug-in*, com o objetivo de impulsionar a produção local desses veículos e aumentar a competitividade das fábricas estabelecidas no país.

Além disso, o programa também prevê benefícios fiscais no valor total de dezenove bilhões de reais para as empresas que investirem em descarbonização no ramo automobilístico. Esta ação tem atraído investimentos consideráveis de companhias internacionais no Brasil. Com isso, a fabricante chinesa BYD anunciou um aporte de três bilhões de reais para construir uma fábrica de carros elétricos em Camaçari, Bahia (INFOMONEY, 2023). Já a General Motors tem um plano de investir sete bilhões de reais até 2028 para melhorar a capacidade produtiva e o avanço tecnológico, principalmente em veículos elétricos e tecnologias de energia renovável (CHEVROLET, 2024).

4.2.3. Perspectivas futuras e sustentabilidade

Atualmente, a maior parte dos veículos em circulação no Brasil está apta a usar etanol como combustível, graças à extensa adoção da tecnologia *flex fuel*. Esta opção permite que os motores funcionem com etanol, gasolina ou uma mistura dos dois, incentivando a diversificação da fonte de energia e auxiliando na sustentabilidade ambiental. Ademais, o etanol, produzido principalmente a partir da cana-de-açúcar, tem uma taxa de emissão de poluentes significativamente inferior à da gasolina convencional, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar e reduzindo os efeitos ambientais associados ao transporte.

Simultaneamente, o progresso tecnológico na indústria automobilística tem estimulado a criação de veículos elétricos, cuja operação se fundamenta no armazenamento de energia em baterias. Estes veículos são notáveis pela ausência de emissão de poluentes durante o funcionamento, já que os motores elétricos não geram emissões diretas, ao contrário dos motores de combustão interna. Com o crescimento da infraestrutura de carregamento e a melhoria constante na eficiência das baterias, os veículos elétricos surgem como uma opção viável para a diminuição dos gases de efeito estufa, auxiliando na construção de um ambiente de mobilidade mais ecológico e sustentável.

Assim, a combinação do etanol com a tecnologia dos carros elétricos é uma estratégia complementar que maximiza as vantagens ambientais e econômicas no ramo dos transportes. Enquanto os veículos movidos a etanol se beneficiam das qualidades renováveis e menos poluentes do etanol, os sistemas elétricos diminuem consideravelmente as emissões diretas, fomentando a economia de baixo carbono. Esta interação não apenas melhora o desempenho ambiental dos veículos, mas também estimula a inovação tecnológica e consolida a posição do Brasil na mudança para uma mobilidade sustentável.

A indústria de automóveis passou por uma transformação significativa, motivada pela necessidade de diminuir as emissões de gases de efeito estufa e pela procura de alternativas ecológicas aos combustíveis fósseis. Esta mudança tem estimulado os fabricantes a investirem em tecnologias inovadoras e a criar veículos que combinam sistemas de propulsão elétrica com combustíveis renováveis, como o etanol. Esta tendência não apenas evidencia um compromisso com o meio ambiente, mas também atende às necessidades do mercado, que começa a dar valor à eficiência

energética e à diminuição dos efeitos no meio ambiente (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2023).

Portanto, a união entre a tradição do etanol, frequentemente usado em carros *flex* no Brasil, e a inovação na eletrificação de veículos tem impulsionado o avanço de modelos híbridos e elétricos. Estas inovações possibilitam um funcionamento mais eficaz dos veículos, unindo a rápida renovação de energia do etanol à elevada eficiência dos motores elétricos. Assim, as fabricantes de automóveis conseguem disponibilizar produtos que satisfazem as demandas de um mercado global cada vez mais voltado para a sustentabilidade, ao mesmo tempo que se beneficiam da sólida cadeia de produção de biocombustíveis do país (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2023).

Ademais, as políticas governamentais de estímulo, tais como os programas *RenovaBio* e os investimentos em infraestrutura de recarga para veículos elétricos, têm exercido um papel fundamental no incentivo à implementação dessas tecnologias. Essas ações não apenas diminuem os gastos com o desenvolvimento e compra desses veículos, mas também estabelecem um ambiente propício para a inovação e a competitividade da indústria do país. Portanto, espera-se que o setor continue a ampliar a disponibilidade de veículos que combinam etanol e eletricidade, fortalecendo uma matriz energética variada e auxiliando na descarbonização do setor de transportes (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2023).

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

O presente estudo alcançou seu objetivo central ao analisar de forma abrangente o panorama das biorrefinarias e biocombustíveis no Brasil, demonstrando seu papel estratégico na transição energética nacional. Através de uma abordagem metodológica que combinou revisão bibliográfica sistemática, análise documental aprofundada e mapeamento georreferenciado das unidades produtivas, foi possível caracterizar com precisão o estágio atual e o potencial de desenvolvimento do setor. Os resultados obtidos validam a importância das biorrefinarias como vetores de sustentabilidade, capazes de conciliar produção energética, redução de emissões e desenvolvimento econômico regional.

A análise das 429 plantas industriais mapeadas, sendo 110 classificadas como biorrefinarias, revelou um cenário marcado pela diversidade tecnológica e pela concentração geográfica nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, reflexo direto da disponibilidade de matérias-primas e da infraestrutura logística existente. Particularmente significativo foi o destaque para as usinas integradas que combinam produção de etanol, biodiesel e biogás, exemplificadas pelas operações da Raízen, que demonstram na prática os princípios da economia circular ao maximizar o aproveitamento de resíduos e subprodutos. Esses casos bem-sucedidos servem como modelo para a expansão do conceito de biorrefinaria em todo o território nacional.

No que concerne à aplicação dos biocombustíveis na mobilidade, os dados compilados confirmaram as vantagens ambientais do etanol em comparação com os combustíveis fósseis, especialmente quando considerado o ciclo de vida completo das emissões. Contudo, o estudo também identificou desafios persistentes, particularmente no que diz respeito à escalabilidade das tecnologias de segunda geração e à necessidade de maior integração entre os diversos atores da cadeia produtiva. A análise das políticas públicas vigentes, como o RenovaBio e o Programa MOVER, evidenciou seu papel fundamental no fomento ao setor, ao mesmo tempo em que apontou para a necessidade de mecanismos mais robustos de apoio à inovação tecnológica.

Os resultados deste trabalho sugerem claramente que o Brasil possui todas as condições necessárias para consolidar sua posição como líder global em bioeconomia sustentável. Para tanto, recomenda-se:

- (1) a ampliação dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, com foco especial nas tecnologias de segunda geração;
- (2) a criação de marcos regulatórios mais favoráveis à integração de processos produtivos;
- (3) o fortalecimento das políticas públicas de incentivo, garantindo segurança jurídica e atratividade econômica para os investidores.

A concretização desse potencial dependerá fundamentalmente da capacidade de articulação entre governo, setor produtivo e comunidade científica, numa abordagem colaborativa que posicione a bioenergia como pilar central da matriz energética nacional sustentável.

Por fim, a avaliação das políticas governamentais no Brasil relacionadas ao uso de biocombustíveis e à eletrificação de veículos revela um panorama de mudança gradual em direção a uma mobilidade mais sustentável. A pioneira introdução do etanol como combustível, impulsionada por iniciativas como o Pró-Álcool e, posteriormente, pelo RenovaBio, estabeleceu o Brasil como um modelo global no emprego de recursos renováveis na matriz de transportes. Simultaneamente, os progressos recentes na eletrificação da frota, promovidos pelo Programa Nacional de Mobilidade Verde e Inovação (MOVER), evidenciam a dedicação do país à descarbonização e à inovação tecnológica no ramo dos veículos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afinal, o que é cilindrada do motor? Blog Localiza Seminovos. Disponível em: <<https://seminovos.localiza.com/blog/posts/o-que-e-cilindrada-do-motor>>. Acesso em: 23 fev. 2025.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **ANP aprova resolução sobre biometano de aterros sanitários e estações de esgoto**. Gov.br. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/anp-aprova-resolucao-sobre-biometano-de-aterros-sanitarios-e-estacoes-de-esgoto>. Acesso em: 08 abr. 2025.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Biocombustíveis**. Gov.br. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/qualidade-de-produtos/biocombustiveis>>. Acesso em 12 mar. 2025.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Etanol**. Gov.br. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/etanol>>. Acesso em: 19 set. 2024.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Painel Dinâmico Produtores de Etanol**. Gov.br. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMmRhZWU2NDUtZWE2Yi00NzI5LWJjMGQtNjIwNjE0MjM0MjEzIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>>. Acesso em: 19 set. 2024.

ALCÂNTARA, R. M. M. **Óleo de palma e biodiesel no Brasil: Impactos sobre a origem para alimentos**. Dissertação de Mestrado em Agronegócio — Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas – EESP - FGV: São Paulo, 2022.

ALTERNATIVE FUELS DATA CENTER. **Hybrid Electric Vehicles**. U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Disponível em: <<https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-basics-hev>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

ALVIM, J. C.; ALVIM, F. A. L. S.; SALES, V. H. G.; SALES, P. V. G.; OLIVEIRA, E. M.; COSTA, A. C. R. Biorrefinarias: Conceitos, classificação, matérias primas e produtos. **Journal of Bioenergy and Food Science**. Macapá, v.1, n. 3, p. 61-77, out./dez. 2014.

ARGUE, C. **Como a temperatura e a velocidade afetam a autonomia dos veículos elétricos?**. GEOTAB. Disponível em: <<https://www.geotab.com/pt-br/blog/autonomia-veiculos-eletricos/>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

BASU, Prabir. **Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory**. Massachusetts: Academic Press, 2010.

Be8 vai investir em esmagadora de soja para aumentar produção de biodiesel, em Marialva. aen.pr.gov.br. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Be8-vai-investir-em-esmagadora-de-soja-para-aumentar-producao-de-biodiesel-em-Marialva>>. Acesso em: 27 abr. 2025.

BNDES. **Biogás: a próxima fronteira da energia renovável**. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/biogas>>. Acesso em: 25 abr. 2025.

BRASIL. **Resolução ANP nº 886, de 29 de setembro de 2022**. Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2022.

BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. **Biomass and Bioenergy**, v. 38, p. 68–94, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.048>.

BROWN, Robert C. (Ed.). **Thermochemical Processing of Biomass: Conversion into Fuels, Chemicals and Power**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2019.

BUENO-BORGES, L. B. et al. Improving Waste Cooking Oil Quality for Biodiesel Production with the Ethanolic By-product of Soybean Oil Extraction. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 96, n. 12, p. 1379–1388, 24 out. 2019.

Canal-Jornal da Bioenergia. **Milho e cana: vantagens e desvantagens de cada um. Portal do Agronegócio**. Disponível em:
<https://www.portaldoagronegocio.com.br/agricultura/outros/noticias/milho-e-cana-vantagens-e-desvantagens-de-cada-um-111228#google_vignette>. Acesso em: 21 mai. 2025.

CAVALEIRO, A. J.; ALVES, M. M. Digestão anaeróbia. **Revista de Ciência Elementar**, v. 8, n. 1, 28 fev. 2020.

CARDOSO, W. R. **Isomerização de óleo de mamona para a produção de biocombustíveis (biodiesel e hidrocarbonetos renováveis)**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

CHERUBINI, F. et al. Toward a common classification approach for biorefinery systems. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 3, n. 5, 19 jun. 2009.

CHERUBINI, F. The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. **Energy Conversion and Management**, v. 51, n. 7, p. 1412–1421, jul. 2010.

CHUNDURI, L. A. A.; GOMES, D. J. C. Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass: current status and future prospects. **Renewable Energy and Environmental Sustainability**, v. 5, 2020.

Combustíveis | Emissão Veicular. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/combustiveis/>>. Acesso em: 19 fev. 2025.

DEMIRBAS, A. Biorefineries: Current activities and future developments. **Energy Conversion and Management**, v. 50, p. 2782–2801, jul. 2009.

DONETT, W. **Peso morto: mau uso de carro híbrido pode transformá-lo em beerrão.** Uol. Disponível em:

<<https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2024/07/03/peso-morto-mau-uso-de-carro-hibrido-pode-transforma-lo-em-beberrao.htm>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

Donke, A. C. G.; Viñas, R.; Matsuura, M. L. da S. F.; Matai, P. H. dos S.; Kulay, L. A. **Usina Flex: Comparação dos desempenhos ambiental e energético de etanol de cana-de-açúcar, milho e sorgo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 5., 2016, Fortaleza.

EINAUDI, F. **Como funciona a frenagem regenerativa dos carros elétricos?**

Insideevs.uol. Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/features/706296/quanto-recupera-frenagem-regenerativa-eletricos/>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

ELGHARBAWY, Abdallah S. et al. A review on biodiesel feedstocks and production technologies. **Journal of the Chilean Chemical Society**, Concepción, v. 66, n. 1, p. 5098-5109, jan. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-97072021000105098>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). **Diesel verde.** Embrapa. Disponível em: <<https://portal.cnptia.embrapa.br/vitrine/diesel-verde/>>. Acesso em: 09 abr. 2025.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). **Circular Técnica, nº 04.** ISSN 2177-4420. Brasília, DF, abril de 2011.

Empresa de Pesquisa Energética. **COMBUSTÍVEIS SUSTENTÁVEIS DE AVIAÇÃO NO BRASIL: Perspectivas Futuras**. Set de 2024. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-839/CA-EPE-DPG-SDB-2024-02_Combustiveis_Sustentaveis_Aviao_Brasil.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2025.

Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2034**.

Gov.br. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2034>>. Acesso em: 20 fev. 2025.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Nacional de Energia - 2030**. Gov.br.

Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030>>. Acesso em: 08 abr. 2025.

Entenda a Autonomia de Carros Elétricos e Híbridos. SEAT. Disponível em:

<<https://www.seat.pt/mundo-seat/mobilidade-eletrica/autonomia-carros-eletricos-e-hibridos>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

Entenda como funciona o freio regenerativo de carros híbridos e elétricos.

Portal Vrum. Disponível em: <https://www.vrum.com.br/acceleradas/2025/01/7040149-entenda-como-funciona-o-freio-regenerativo-de-carros-hibridos-e-eletricos.html?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 25 fev. 2025.

Estadão Conteúdo. **BYD anuncia investimentos de R\$ 3 bilhões na produção de carros elétricos na Bahia**. Infomoney. Disponível em:

<<https://www.infomoney.com.br/negocios/byd-anuncia-investimentos-de-r-3-bilhoes-na-producao-de-carros-eletricos-na-bahia/>>. Acesso em: 12 mar. 2025.

EUROPA CROWN. **Glycerine refining system**. Disponível em:

<https://onecpm.com/wp-content/uploads/2024/07/Liquids_Processing_Glycerin_Refining_2_pager_July_2024.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2025.

FERREIRA, J. G. B.; SATO, M. E. B.; SATO, S.; CAZZOLATO, S. A.; SILVA, T. M. **Processo de purificação de glicerina bruta originados de transesterificações com catalise alcalina sem o uso de acidificação e destilação produzindo glicerina purificada pureza 96% e 99%**. BR102014001003A2, Brasil, 2014.

FERREIRA-LEITÃO, V. S. et al. Análise do pré-tratamento ácido diluído na produção de etanol de segunda geração a partir do bagaço de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 33, n. 7, p. 1526-1530, 2010.

Fontes de combustíveis renováveis vão substituir combustíveis fósseis nos próximos anos. SAE BRASIL. Disponível em:

<<https://saebrasil.org.br/noticias/transicao-combustiveis-renovaveis/>>. Acesso em: 13 mar. 2025

FUESS, L. T. **Biodigestão anaeróbia termofílica de vinhaça em sistemas combinados do tipo acidogênico-metanogênico para potencialização da recuperação de bioenergia em biorrefinarias de cana-de-açúcar de primeira geração**. Tese de doutorado — Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

GARCILASSO, V. P. et al. **Tecnologias de Produção e uso de biogás e biometano**. São Paulo, IEE-USP: Synergia, 2018. p. 218.

GOMES, M. M. DA R. **Produção de biodiesel a partir da esterificação dos ácidos graxos obtidos por hidrólise de óleo de peixe**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) —Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química : Rio de Janeiro, 2009.

GUIMARÃES, G. **Comerciais leves sustentam Fiat na ponta há três anos**. AutoIndústria. Disponível em:

<<https://www.autoindustria.com.br/2023/09/12/comerciais-leves-sustentam-fiat-na-ponta-ha-tres-anos/>>. Acesso em: 19 fev. 2025.

Híbridos plug-in poluem até 400 mais do que o divulgado pelas marcas.

Estadão. Disponível em: <<https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/hibridos-plug-in-poluem-ate-400-mais-do-que-o-divulgado-pelas-marcas>>. Acesso em: 14 jun. 2025.

Hochscheidt, B. D.; Possamai, E. S.; Silva, M. P. M.; Dieter, J.; Silva, F. R.; Sequinel, R. Neutralização ou Esterificação como Técnicas de Melhoria dos Insumos para Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 2, p. 325-334, 2020.

How Does Anaerobic Digestion Work?. United States Environmental Protection Agency.

Disponível em: <<https://www.epa.gov/agstar/how-does-anaerobic-digestion-work>>. Acesso em: 09 abr. 2025.

Inmetro divulga nova tabela do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular.

Gov.br. Disponível em: <<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/inmetro-divulga-nova-tabela-do-programa-brasileiro-de-etiquetagem-veicular>>. Acesso em: 23 fev. 2025.

Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. **Os biocombustíveis e sua importância para a transição energética brasileira.** Jan. 2024.

IEA. **Outlook for Biogas and Biomethane.** France: International Energy Agency, maio 2025. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/5b757571-c8d0-464f-baad-bc30ec5ff46e/OutlookforBiogasandBiomethane.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2025.

ISIDORIO, Maria Andresa Santos. **Etapas de pré-tratamento de bagaço de cana-de-açúcar, para produção de Etanol de segunda geração: uma revisão.** Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Processo Químicos) – Faculdade de Tecnologia de Campinas, Campinas, 2022.

Jornal Dia Dia. **Expansão de planta da Cargill em Três Lagoas será concluída este ano.** Biodieselbr. Disponível em:

<<https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/info/expansao-planta-cargill-tres-lagoas-concluida-este-ano-160816>>. Acesso em: 27 abr. 2025.

KOTHARI, S. **Maioria dos híbridos plug-in nunca chega à tomada; entenda.**

Insideevs.uol. Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/731354/hibrido-plugin-nunca-tomada/>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. do (Ed.). **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato.**

Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. p. 94-128. DOI:

https://dx.doi.org/10.21452/978-85-93823-01-5.2019.01_5.

LIMA, A. Q. A. et al. **Produção de HVO a partir do hidrotratamento de óleo de soja: estudo de viabilidade técnico-econômica.**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

Liu, Y., Zhong, B., & Lawal, A. Recovery and utilization of crude glycerol, a biodiesel byproduct. **RSC Advances**, 12(45), 27997–28008. DOI:

<https://doi.org/10.1039/D2RA05090K>.

LOPES, F. **Potencial cresce em biodiesel e investe R\$ 1,7 bilhão em fábrica de soja.**

Infomoney. Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/business/potencial-cresce-em-biodiesel-e-investe-r-17-bilhao-em-fabrica-de-soja/>>. Acesso em: 13 mai. 2025.

MACHADO, G. B. **A Geração de biogás.** Portal do Biogás. Disponível em:

<<https://portaldobiogas.com/a-geracao-de-biogas/>>. Acesso em: 8 abr. 2025.

Mansfield, S.D.; Moeller, M.J.; Saddler, J.N. Enhancing the enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass by steam explosion. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 65, n. 5, p. 568–572, 1999. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0290(19991205)65:5<568::AID-BIT11>3.0.CO;2-4.

MARTINELLI, L. **Produção de biodiesel etílico a partir da esterificação de ácidos graxos livres**. Dissertação de mestrado — Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

MCKENDRY, Peter. Energy production from biomass (part 3): gasification technologies. **Bioresource Technology**, v. 83, n. 1, p. 55–63, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00120-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00120-1).

Milanez, A. Y. et al. A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. **Revista do BNDES**, v. 41, p. 147-208, 2014.

Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2034**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2024. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-804/topico-758/PDE2034_Aprovado.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2025.

Ministério de Minas e Energia. **Programa Nacional do Alcool completa 49 anos com impactos positivos na economia e no meio ambiente**. Gov.br. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/programa-nacional-do-alcool-completa-49-anos-com-impactos-positivos-na-economia-e-no-meio-ambiente>>. Acesso em: 13 mar. 2025.

Ministério de Minas e Energia. **RenovaBio**. Gov.br. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>>. Acesso em: 12 mar. 2025.

Ministério dos Transportes. **Frota de veículos - 2024**. Gov.br. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2024>>. Acesso em: 12 mar. 2025.

MIRAGAYA, F. **Os 10 carros híbridos mais econômicos do Brasil em 2024**. Autopapo. Disponível em: <<https://autopapo.com.br/noticia/10-carros-hibridos-mais-economicos-brasil-2024/>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

MONTEIRO, C. et al. Um Modelo de Otimização Estocástica para a Cadeia de Produção de Cana-de-Açúcar com Foco em Biocombustíveis. **LVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (LVI SBPO) 2024**, nov. 2024.

MORAIS, E. H. et al. Avaliação de pré-tratamento alcalino para remoção de lignina do bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 5, p. 2079-2093, 2017.

NG, K. S.; FAROOQ, D.; YANG, A. Global biorenewable development strategies for sustainable aviation fuel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 150, 2021.

NOGUEIRA, L. C. **PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO: EFEITO DE HÍBRIDOS, TEMPO E TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO DOS GRÃOS**. Dissertação de Mestrado — Pós graduação em Ciências Ambientais da à Universidade do Estado de Minas Gerais, Frutal, 2021.

Óleo diesel: o combustível que movimenta o país. Petrobras. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/quem-somos/oleo-diesel>>. Acesso em: 19 fev. 2025.

OLIVEIRA, B. C. **Complexidade em biorrefinarias**. Dissertação de Mestrado — Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

OLIVEIRA, M.; RAMOS, A.; MONTEIRO, E.; ROUBOA, A. Improvement of the Crude Glycerol Purification Process Derived from Biodiesel Production Waste Sources through Computational Modeling. **Sustainability**, 14(3), 1747, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14031747>

Os 13 híbridos plug-in com maior autonomia de 2025. Caetano Retail. Disponível em: <<https://caetanoretail.pt/blog/hibridos-plug-in-maior-autonomia/>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

PALERMO, D. **Carregador de carro elétrico: conheça os tipos e conectores.** Revista Carro. Disponível em: <<https://revistacarro.com.br/carregador-de-carro-eletrico-conheca-os-tipos-e-conectores/>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

Raízen. **RELATÓRIO INTEGRADO SAFRA 23'24.** 2024. Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/items-files/item-1212-relatorio-raizen-2023-24-1508.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2025.

Raízen é o primeiro player de etanol no mundo a receber certificação que habilita o produto para produção de SAF. Raízen. Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/sala-de-imprensa/raizen-e-o-primeiro-player-de-etanol-no-mundo-a-receber-certificacao-que-habilita-o-produto-para-producao-de-saff>>. Acesso em: 22 mai. 2025.

Ramos, L. P.; Kothe, V.; César-Oliveira, M. A. F.; Muniz-Wypych, A. S.; Nakagaki, S.; Krieger, N.; Wypych, F.; Cordeiro, C. S. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 01, p. 317-369, 2016.

RIBEIRO, L. M. L. **Etanol de milho: Processo produtivo e contexto atual do mesmo no Brasil.** 2023. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

RODRIGUES, J. A. R. Do engenho à biorrefinaria. A usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. **Química Nova**, v. 34, n. 07, p. 1242–1254, 5 maio 2011.

ROCHA, D. **Os 10 carros a combustão mais econômicos vendidos no Brasil em 2024.** Mobiauto. Disponível em: <<https://www.mobiauto.com.br/revista/os-10-carros-a-combustao-mais-economicos-vendidos-no-brasil-em-2024/7142>>. Acesso em: 23 fev. 2025.

Saiba quanto é o prejuízo da usina 2G da GranBio. Jornal Cana. Disponível em: <<https://jornalcana.com.br/mercado/usinas/saiba-quanto-e-o-prejuizo-da-usina-2g-da-granbio/>>. Acesso em: 25 mai. 2025.

SALLA, D. A. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. Dissertação (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Energia na Agricultura) — Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP: Botucatu, 2008.

SAMORA, R. **Milho garantirá recorde de produção de etanol no Brasil em 2024/25, dizem produtores.** NovaCana. Disponível em: <<https://www.novacana.com/noticias/milho-garantira-recorde-producao-etanol-brasil-2024-25-produtores-160125>>. Acesso em: 23 fev. 2025.

SCALDAFERRI, C. A.; PASA, V. M. D. Production of jet fuel and green diesel range biohydrocarbons by hydroprocessing of soybean oil over niobium phosphate catalyst. **Fuel**, v. 245, p. 458-466, 22 fev.; 2019.

SANTANA, J. de J. **Desenvolvimento de catalisadores bifuncionais para isomerização de hidrocarbonetos derivados de óleos vegetais.** Tese de Doutorado em Engenharia Química – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

SILVA, G. J. S. **OBTENÇÃO DE BIOQUEROSENE A PARTIR DOS PROCESSOS ALCOHOL-TO-JET (ATJ) COM FOCO NA OLIGOMERIZAÇÃO.** Orientador: Amanda Duarte Gondim; Aruzza Mabel Morais de Araújo. 2022. 57 f. TCC (Bacharelado em Química do Petróleo) - Graduação, [S. I.], 2022.

SILVA, G. R.; STIER, P. H. **CANA-DE-AÇÚCAR NA PRODUÇÃO DE ETANOL.** Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso no Centro Universitário Internacional UNINTER, maio 2021.

SILVA, H. F. DA. Potenciais do diesel verde produzido por hidrotratamento de óleos vegetais. **Revista Protocolos em Química**, v. 03, p. 35–39, 31 jan. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14768403>

SILVEIRA, Vinícius Ferreira de Brito. **Formas alternativas de se produzir etanol: uma análise sobre o etanol de primeira, segunda e terceira geração**. 2023. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

SOARES, I. P. **Diesel verde: produção de diesel verde a partir de óleo de palma com catalisadores à base de níquel**. Embrapa, 2020.

SOUZA, M. **Projeto obriga governo federal a abastecer veículos da administração pública com etanol**. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1099347-projeto-obriga-governo-federal-a-abastecer-veiculos-da-administracao-publica-com-etanol/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

SOUZA, F. R. B. DE. **Síntese e caracterização de hemiceluloses catiônicas a partir do reaproveitamento da palha de milho**. Dissertação de Mestrado — Programa de Pós-Graduação em Química, Uberlândia, 2012.

Tipos de carregadores para veículos elétricos. Neo Charge. Disponível em: https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-carregador-ve?srsltid=AfmBOoqX7_Ob5mnz_PIHsgUmEWR21i5trYrkSwRdwtKSxM2L2MVgYm4O. Acesso em: 25 fev. 2025.

Valor Econômico. **Raízen fecha venda de pellets de biomassa a empresas europeias**. União Nacional da Bioenergia. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2020/10/29/raizen-fecha-venda-de-pellets-de-biomassa-a-empresas-europeias.html>. Acesso em: 25 mai. 2025.

VASCONCELLOS, F. **PHEV, MHEV, BEV: entenda as siglas de carros elétricos e híbridos**. Mobiauto. Disponível em: <https://www.mobiauto.com.br/revista/phev-mhev-bev-entenda-as-siglas-de-carros-eletricos-e-hibridos/1778?utm_>. Acesso em: 19 fev. 2025.

VASCONCELOS, M. H. **Desenvolvimento e análise econômica de modelos de biorrefinaria integrada 1G2G empregando pré-tratamento ácido diluído**.

Dissertação de Mestrado — Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial, Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2017.

Veículos híbridos: como funciona sua tecnologia?. Bosch. Disponível em: <<https://www.bosch.com.br/noticias-e-historias/mobilidade/veiculos-hibridos/>>. Acesso em: 20 fev. 2025.

VIEIRA, J. S. C.; SOUSA, J. A. de; RODRIGUES, M. R. de M.; SILVA, J. V. S. e; SILVA, F. M. da; PEREIRA, E. C. Refino de sebo bovino e óleo de babaçu (*orbignya speciosa*) visando a produção de sabonetes / Refining bovine sebus and babassu oil (*orbignya speciosa*) aiming at soap production. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 9, p. 65888–65902, 2020. DOI: 10.34117/bjd6n9-134.

VILELA, Frederico Sampaio Vasconcelos. **Avaliação do ciclo de vida da produção industrial de etanol e açúcar: estudo de caso: Usina Jalles Machado S/A**. 2013. xiv, 93 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) — Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

VITAL, A. **Raízen quer ter 20 plantas de Etanol 2G até 2030. Jornal Cana**. Disponível em: <<https://jornalcana.com.br/mercado/usinas/raizen-quer-ter-20-plantas-de-etanol-2g-ate-2030/#:~:text=Ra%C3%ADzen%20quer%20ter%2020%20plantas%20de%20Etanol%202G%20at%C3%A9%202030%20%E2%80%A2%20JornalCana.&text=A%20Ra%C3%ADzen%20tem%20proje%C3%A7%C3%B5es%20de%20expans%C3%A3o%20recorde,2022/23%2C%20na%20segunda%2Dfeira%2C%20dia%2016%20de%20maio>>. Acesso em: 25 mai. 2025.

WILLIAMS III, G. C. **Mazda rolls out CX-70 crossover for 2025, including plug-in hybrid**. MySanantonio. Disponível em:

<<https://www.mysanantonio.com/cars/article/mazda-rolls-cx-70-crossover-2025-including-20176164.php>>. Acesso em: 20 fev. 2025.

YAN, L. et al. Modeling fuel-, vehicle-type-, and age-specific CO₂ emissions from global on-road vehicles in 1970–2020. **Earth system science data**, v. 16, n. 10, p. 4497–4509, 8 out. 2024.

YAP, L. **Híbridos enchufables más vendidos**. Green Cars. Disponível em:

<<https://www.greencars.com/es-us/perspectivas-de-expertos/hibridos-enchufables-mas-vendidos>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

ANEXO A - PLANTAS DE BIOGÁS MAPEADAS

| Razão Social | Estado | Município | CNPJ | Produtos | Matéria-prima | Capacidade processamento (Nm3/dia) | Capacidade produção (Nm3/dia) | Site | Biorrefinaria |
|--|--------------------|---------------------|----------------|--|--|------------------------------------|-------------------------------|---|---------------|
| GNR FORTALEZA VALORIZAÇÃO DE BIOGÁS | Ceará | Caucaia | 20287659000188 | Biogás | Gases poluentes de aterros sanitários | 300.000 | 110.000 | https://gnrfortaleza.com.br/ | Não |
| ADECOAGRO VALE DO IVINHEMA S.A. | Mato Grosso do Sul | Ivinhema | 7903169001768 | Biogás, Açúcar, Etanol | Resíduos do processamento da cana-de-açúcar e etanol | 12.000 | 8.000 | https://www.adecoagro.com/pt | Sim |
| GEO ELÉTRICA TAMBOARA BIOENERGIA | Paraná | Tamboara | 12415018000214 | Biogás | Resíduos do processamento da cana-de-açúcar e etanol | 62.400 | 31.200 | https://www.geobiogas.tech | Sim |
| GNR DOIS ARCOS VALORIZAÇÃO DE BIOGÁS LTDA. | Rio de Janeiro | São Pedro da Aldeia | 17173460000203 | Biogás | Gases poluentes de aterros sanitários | 30.672 | 16.000 | https://doisarcos.com.br/ | Não |
| GÁS VERDE S.A. | Rio de Janeiro | Seropédica | 11131464000587 | Biogás | Gases poluentes de aterros sanitários | 480.000 | 204.000 | https://gasverde.com.br/ | Não |
| COCAL ENERGIA SA | São Paulo | Narandiba | 14788495000170 | Biogás, Açúcar, Etanol, Energia Elétrica, Biometano, Levedura seca | Resíduos do processamento da cana-de-açúcar | 51.600 | 27.112 | https://www.cocal.com.br/ | Sim |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|--------------|----------------|---|--|---------------|-----------|---|-----|
| ENGEP AMBIENTAL LTDA. | São Paulo | Jambeiro | 17354555000215 | Biogás | Gases poluentes de aterros sanitários | 84.000 | 30.000 | http://www.engep.com.br/ | Não |
| ESSENCIS BIOMETANO S.A. | São Paulo | Caieiras | 48119972000126 | Biogás | Gases poluentes de aterros sanitários | 139.680 | 67.200 | https://www.solvi.com/ | Não |
| METAGÁS BIOGÁS E ENERGIA S.A. | São Paulo | São Paulo | 43943079000105 | Biogás | Gases poluentes de aterros sanitários | 60.000 | 30.000 | https://www.metagas.com.br/ | Não |
| RAÍZEN-GEO BIOGÁS COSTA PINTO LTDA. | São Paulo | Piracicaba | 45281972000130 | Biogás | Resíduos do processamento da cana-de-açúcar e etanol | 230.016 | 130.368 | - | Sim |
| CRI GEO BIOGÁS | São Paulo | Elias Fausto | 38615333000106 | Biogás, Energia Elétrica, CO2 biogênico | Resíduos industriais | Não informado | 23.693,70 | https://www.geobiogas.tech/ | Sim |
| UISA GEO BIOGÁS | Mato Grosso | Nova Olímpia | - | Biogás | Resíduos do processamento da cana-de-açúcar | Não informado | 31.200,00 | https://www.geobiogas.tech/ | Sim |

ANEXO B - PLANTAS DE BIODIESEL MAPEADAS

| Razão Social | Estado | Município | CNPJ | Produtos | Matéria-prima | Tancagem Biodiesel (m3) | Capacidade de produção (m3/dia) | Site | Esmagadora de Soja | Bidestilaria de Glicerina | Planta de Esterificação | Biorrefinaria |
|---|--------|--------------|----------------|---|---|-------------------------|---------------------------------|---|--------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|
| PETROBRAS BIOCOMBUSTÍVEIS S/A | Bahia | Candeias | 10144628000386 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja, óleo de palma e sebo bovino | 7.111 | 845 | https://pbio.com.br/ | Não | Não | Não | Sim |
| UNIBRAS INDUSTRIA E COMERCIO DE BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA. (BE8) | Piauí | Floriano | 33931174000127 | Biodiesel e glicerina | A principal matéria-prima utilizadas é o óleo de soja | 5.700 | 250 | https://www.be8energy.com/pt/ | Não | Não | Não | Não |
| OLEOPLAN NORDESTE INDUSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA. | Bahia | Iraquara | 13463913000358 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja, óleo de soja degomado, casca de soja e lecitina de soja | Soja e sebo bovino | 12.820 | 1.300 | https://www.oleoplan.com.br/ | Sim | Não | Não | Sim |
| BINATURAL BAHIA LTDA | Bahia | Simões Filho | 37880187000175 | Biodiesel, Glicerina, Ácido Graxo e Borra | Óleo de soja, óleo de palma, óleo de algodão, sebo bovino e óleos residuais | 12.500 | 1.000 | https://binatural.com.br/ | Não | Não | Não | Sim |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------------|--------------------|---|--|--------|-------|---|-----|-----|-----|-----|
| OLFAR S/A - ALIMENTO E ENERGIA | Goiás | Porangatu | 9183836006452 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja e sebo bovino | 12.556 | 1.800 | https://www.olfar.ind.br/ | Não | Não | Sim | Sim |
| USINA BARRALCOOL S/A | Mato Grosso | Barra do Bugres | 3366422800013 5 | Biodiesel anexo à planta produtora de açúcar e etanol | Óleo de soja e sebo bovino | 3.012 | 190 | https://barralcool.com.br/ | Não | Não | Sim | Sim |
| CARGILL NOVOS HORIZONTES LTDA | Goiás | Anapolis | 5029032900266 0 | Biodiesel, glicerina bidestilada, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja e gordura animal | 16.050 | 1.550 | https://www.cargill.com.br/ | Sim | Sim | Não | Sim |
| PRISMA COMERCIAL EXPORTADORA DE OLEOQUIMICOS LTDA | São Paulo | Sumaré | 9267863000609 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja (tercerizado) e lecitina de soja (terceirizado) | Óleo de soja e sebo bovino | 1.200 | 200 | https://prismabrazil.com/ | Não | Não | Não | Não |
| MINERVA S.A. | Goiás | Palmeira de Goiás | 6762037700670 5 | Biodiesel, glicerina e energia elétrica (queima biomassa) | Sebo bovino, óleo vegetal e animal | 1.300 | 200 | https://minervafoods.com/ | Não | Não | Sim | Sim |
| PETROBIO USINA DE BODIESEL LTDA | Paraná | Umurama | 4091153800017 2 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja e sebo bovino | 150 | 100 | https://www.petrobiocombustiveis.com / | Não | Não | Não | Não |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|---------------|----------------|---|--|--------|-------|---|-----|-----|-----|-----|
| JBS S/A | Mato Grosso | Campo Verde | 2916265028099 | Biodiesel, glicerina e energia elétrica (queima biomassa) | Sebo bovino, gordura de frango e suíno, óleos vegetais e óleo de cozinha usado | | | https://www.jbs.com.br/ | Não | Não | Sim | Sim |
| BINATURAL ENERGIAS RENOVAVEIS S.A. | Goiás | Formosa | 7113559000177 | Biodiesel, Glicerina, Ácido Graxo e Borra | Óleo de soja, óleo de algodão e sebo bovino | 6.264 | 650 | https://binatural.com.br/ | Não | Não | Não | Não |
| JBS S/A | São Paulo | Lins | 2916265013300 | Biodiesel, glicerina e energia elétrica (queima biomassa) | Sebo bovino, gordura de frango e suíno, óleos vegetais e óleo de cozinha usado | 4.708 | 745 | https://www.jbs.com.br/ | Não | Não | Não | Sim |
| TRES TENTOS AGROINDUSTRIA SA | Mato Grosso | Vera | 94813102005058 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja | 17.790 | 1.000 | https://www.3tentos.com.br/ | Sim | Não | Não | Sim |
| CARAMURU SS | Goiás | São Simão | - | Biodiesel, glicerina, etanol de soja, alimentos | Óleo de soja | | | https://www.caramuru.com/ | Sim | Não | Sim | Sim |
| FÊNIX INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA. | Mato Grosso | Alto Araguaia | 52250166000160 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja, óleo de soja degomado e energia | Soja e sebo bovino | 9.200 | 680 | | Sim | Não | Não | Sim |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-----------------------|--------------------|---|-------------------------------|-------|-------|---|-----|-----|-----|-----|
| | | | | elétrica (queima biomassa) | | | | | | | | |
| OLEOPLAN RONDONIA INDUSTRIA DE BIOCOMBUSTIVEI S LTDA. | Rondônia | Cacoal | 3601526200025 8 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja e sebo bovino | 6.580 | 600 | https://www.oleoplan.com.br/ | Não | Não | Não | Não |
| DUAL DUARTE ALBUQUERQUE COMÉRCIO E INDUSTRIA LTDA. | Mato Grosso | Pedra Preta | 2454295300057 3 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja, farelo de algodão e óleo vegetal degomado | Soja e caroço de algodão | 4.581 | 680 | https://dual.ind.br/ | Sim | Não | Não | Sim |
| COFCO INTERNATIONAL BRASIL S.A. | Mato Grosso | Rondonopoli s | 6315338022864 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja | 8.472 | 1.200 | https://br.cofcointernational.com/ | Sim | Não | Não | Sim |
| OLEOPLAN MATO GROSO INDUSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEI S LTDA. | Mato Grosso | Lucas do Rio Verde | 3109007800017 8 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja e sebo bovino | 8.000 | 563 | https://www.oleoplan.com.br/ | Não | Não | Não | Não |
| CARAMURU IP | Goiás | Ipameri | - | Biodiesel, glicerina, etanol de soja, alimentos | Óleo de soja | | | https://www.caramuru.com/ | Sim | Não | Sim | Sim |
| BUMGE ALIMENTOS S/A | Mato Grosso | Nova Mutum | 8404610105436 6 | Biodiesel, glicerina, farelo de | Soja | 9.300 | 497 | https://www.bunge.com.br/ | Sim | Não | Não | Sim |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|--|------|--------|-------|---|-----|-----|-----|-----|
| | | | | soja e óleo de soja degomado | | | | | | | | |
| AMAGGI EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO LTDA | Mato Grosso | Lucas do Rio Verde | 77294252005587 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja | 11.100 | 1.023 | https://www.amaggi.com.br/ | Sim | Não | Não | Sim |
| ADM DO BRASIL LTDA | Mato Grosso | Rondonópolis | 2003402002461 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja | 6.978 | 1.352 | adm.com | Sim | Não | Sim | Sim |
| LAR COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL | Mato Grosso do Sul | Caarapó | 77752293012447 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja, óleo de soja degomado e energia elétrica (queima de cavaco de madeira) | Soja | 4.950 | 400 | https://www.lar.ind.br/ | Sim | Não | Não | Sim |
| CARGILL AGRICOLA S A | Mato Grosso do Sul | Tres Lagoas | 60498706029481 | Biodiesel, glicerina bidesstilada, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja | 7.800 | 965 | https://www.cargill.com.br/ | Sim | Sim | Não | Sim |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------------|--------------------|---|---|--------|-------|---|-----|-----|-----|-----|
| PETROBRAS BIOCOMBUSTÍVEIS S/A | Minas Gerais | Montes Claros | 1014462800046 7 | Biodiesel, glicerina e sebo refinado | Óleo de soja, óleo de palma e sebo bovino | 3.396 | 545 | https://pbio.com.br/ | Não | Não | Não | Sim |
| DELTA CUIABA PRODUTORA DE BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA. | Mato Grosso | Cuiaba | 1165250900013 5 | Biodiesel e glicerina | Óleo vegetal e sebo bovino | 5.100 | 1.000 | http://www.deltaenergia.com.br/ | Não | Não | Não | Não |
| DELTA BIOCOMBUSTÍVEIS INDUSTRIA E COMERCIO LTDA | Mato Grosso do Sul | Rio Brilhante | 1151369900010 0 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja e sebo bovino | 3.954 | 600 | http://www.deltaenergia.com.br/ | Não | Não | Não | Não |
| UNIAO INDUSTRIA E COMERCIO DO PARA LTDA (BE8) | Pará | Santo Antonio de Taua | 3093790900013 1 | Biodiesel e glicerina | Óleo de palma e sebo animal | 4.600 | 250 | https://www.be8energy.com/pt/ | Não | Não | Não | Sim |
| COCAMAR MAQUINAS AGRICOLAS LTDA. | Paraná | Maringa | 2213491001156 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja | 4.491 | 353 | https://www.cocamar.com.br/ | Não | Não | Não | Não |
| CESBRA QUIMICA LTDA | Rio de Janeiro | Volta Redonda | 8436584000154 | Biodiesel e variedade de produtos químicos | Produção química à base de estanho | 950 | 167 | https://cesbra.com.br/ | Não | Não | Sim | Não |
| CEREAL COMÉRCIO EXPORTAÇÃO E REPRESENTAÇÃO AGROPECUÁRIA S.A. | Goiás | Rio Verde | 12377000160 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja, óleo degomado e soja desativada | Óleo de soja | 8.900 | 650 | https://www.grupocereal.com.br/ | Não | Não | Não | Não |
| OLEOPLAN PARA INDUSTRIA DE BIOCOMBUSTIVEL LTDA | Pará | Tomé-Açu | 3979601400010 7 | Biodiesel e glicerina | Óleo de palma e sebo bovino | 10.000 | 800 | https://www.oleoplan.com.br/ | Não | Não | Não | Sim |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|------------|----------------|---|---|--------|-------|---|-----|-----|-----|-----|
| POTENCIAL BIODIESEL LTDA | Paraná | Lapa | 12613484000123 | Biodiesel, glicerina refinada e óleo sintético (biodiesel) | Óleo de soja, sebo bovino e óleo de cozinha usado | 26.000 | 2.500 | https://potencial.net.br/biodiesel | Não | Sim | Sim | Sim |
| BE8 S.A. | Paraná | Marialva | 7322382000461 | Biodiesel, glicerina e BeVant (maior pureza - 99% de ésteres) | Soja e óleo de canola | 7.600 | 1.500 | https://www.be8energy.com/ | Sim | Não | Sim | Sim |
| OLFAR S/A - ALIMENTO E ENERGIA | Rio de Janeiro | Porto Real | 91830836004085 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja, sebo bovino e óleo vegetal recuperado (OVR) | 7.500 | 850 | https://www.olfar.ind.br/ | Não | Não | Sim | Sim |
| TRES TENTOS AGROINDUSTRIA SA | Rio Grande do Sul | Ijuí | 94813102001737 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja e óleo residual | 8.025 | 850 | 3tentos.com.br | Sim | Não | Não | Sim |
| OLFAR S/A - ALIMENTO E ENERGIA | Rio Grande do Sul | Erechim | 91830836000683 | Biodiesel, glicerina refinada, farelo de soja, óleo de soja degomado e energia elétrica | Soja | 6.300 | 1.200 | https://www.olfar.ind.br/ | Sim | Sim | Sim | Sim |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|------------------|--------------------|---|--|--------|-------|---|-----|-----|-----|-----|
| | | | | (queima biomassa) | | | | | | | | |
| OLEOPLAN S.A. OLEOS VEGETAIS PLANALTO | Rio Grande do Sul | Veranópolis | 8867612700025 7 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja, óleo de soja degomado, casca de soja e lecitina de soja | Soja e sebo bovino | 14.850 | 1.300 | https://www.oleoplan.com.br/ | Sim | Não | Sim | Sim |
| CAMERA AGROINDUSTRIAL S S.A. | Rio Grande do Sul | Ijuí | 9824864400265 6 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja, óleo de girassol e óleo de canola | 7.200 | 650 | camera.ind.br | Não | Não | Não | Não |
| CAIBIENSE GRAN VITA LTDA | Mato Grosso | Rondonópolis | 7581716300075 6 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja, sebo bovino e óleo de algodão | 1.160 | 250 | https://caibiense.com/ | Não | Não | Não | Não |
| FUGA COUROS SA | Rio Grande do Sul | Camargo | 9130234900161 0 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja, gordura animal e óleo de cozinha usado | 13.620 | 500 | fugacouros.com.br | Não | Não | Sim | Sim |
| CARGILL NOVOS HORIZONTES LTDA | Rio Grande do Sul | Cachoeira do Sul | 5029032900614 3 | Biodiesel, glicerina bidestilada, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja | 19.120 | 933 | https://www.cargill.com.br/ | Sim | Sim | Não | Sim |
| BIOPAR PRODUÇÃO DE BIODIESEL | Mato Grosso | Nova Marilândia | 8684263000179 | Biodiesel e glicerina | As matérias-primas utilizadas são | 1.500 | 568 | https://www.be8energy.com/ | Não | Não | Não | Não |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|---------------------------|--------------------|---|--|--------|-------|---|--|-----|-----|-----|-----|
| PARECIS LTDA (BE8) | | | | | óleo de soja e óleo de algodão | | | | | | | | |
| BIONORTE INDUSTRIA E COMERCIO DE BIODIESEL LTDA | Goiás | São Miguel do Araguaia | 8080422000126 | Biodiesel, Glicerina, Ácido Graxo e Borra | Óleo de soja, óleo de algodão (complementar) , sebo bovino e óleo residual | 460 | 95 | - | | Não | Não | Não | Não |
| BIO VIDA PRODUÇÃO E COMÉRCIO DE BIODIESEL LTDA - ME | Mato Grosso | Varzea Grande | 8772264000175 | Biodiesel e glicerina | Óleo vegetal e sebo bovino | 295 | 150 | - | | Não | Não | Não | Não |
| BIO ÓLEO INDUSTRIA E COMERCIO DE BIOCOMBUSTÍVEI S LTDA - EPP | Mato Grosso | Cuiaba | 8387930000151 | Biodiesel e glicerina | óleo de soja, óleo de algodão, gordura animal e óleo reciclado | 750 | 150 | http://biooleo.com.br/ | | Não | Não | Não | Não |
| BOCCHI INDUSTRIA E COMERCIO DE CEREAIS LTDA | Rio Grande do Sul | Muitos Capoes | 2987873001056 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja | 4.500 | 300 | bocchiagrobios.com.br | | Sim | Não | Sim | Sim |
| BIANCHINI SA INDUSTRIA COMERCIO E AGRICULTURA | Rio Grande do Sul | Canoas | 8754802000026 0 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja | 24.000 | 1.150 | https://bianchinisa.com.br/ | | Sim | Não | Não | Sim |
| BE8 S.A. | Rio Grande do Sul | Passo Fundo | 7322382000119 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo | Soja, sebo bovino e cereais de inverno | 7.500 | 1.500 | https://www.be8energy.com/ | | Sim | Não | Não | Sim |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|--|---|--------|-------|---|-----|-----|-----|-----|
| | | | | de soja degomado | | | | | | | | |
| AMAZONBIO - INDUSTRIA E COMERCIO DE BIODIESEL DA AMAZONIA LTDA. | Rondônia | Ji-Paraná | 87794451000150 | Biodiesel e glicerina | Óleo de palma e sebo bovino | 500 | 90 | https://www.grupobbf.com.br/ | Não | Não | Não | Sim |
| SEARA ALIMENTOS LTDA | Santa Catarina | Mafrá | 2914460032788 | Biodiesel e glicerina | Sebo bovino, sebo de aves e óleo de cozinha usado | 10.000 | 1.025 | seara.com.br | Não | Não | Sim | Sim |
| ADM DO BRASIL LTDA | Santa Catarina | Joacaba | 2003402004677 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja | 388 | 510 | adm.com | Sim | Não | Sim | Sim |
| PRODUTOS ALIMENTICIOS ORLANDIA S A COMERCIO E INDUSTRIA | São Paulo | Orlandia | 53309845000120 | Biodiesel, glicerina, farelo de soja e óleo de soja degomado | Soja e óleo de cozinha usado | 5.226 | 367 | https://brejeiro.com.br/ | Sim | Não | Não | Sim |
| ALIANÇA BIOCMBUSTIVEIS LTDA. | Mato Grosso | Rondonópolis | 10737181000197 | Biodiesel e glicerina | Óleo de soja e sebo bovino | 410 | 10 | - | Não | Não | Não | Não |
| CARAMURU ALIMENTOS S/A | Mato Grosso | Sorriso | 80671002668 | Biodiesel, glicerina, etanol de soja, alimentos | Óleo de soja | 4.416 | 285 | https://www.caramuru.com/ | Não | Não | Não | Sim |
| CARGILL NOVOS HORIZONTES LTDA | Tocantins | Porto Nacional | 50290329008430 | Biodiesel, glicerina, farelo de | Soja e gordura animal | 16.748 | 800 | https://www.cargill.com.br/ | Sim | Não | Não | Sim |

soja e óleo
de soja
degomado

ANEXO C - PLANTAS DE ETANOL MAPEADAS

| Razão Social | Estado | Município | CNPJ | Produtos | Matéria-prima | Capacidade Produção Etanol Anidro (m³/d) | Capacidade Produção Etanol Hidratado (m³/d) | Site | Biorrefinaria |
|---|----------------|------------------------------|----------------|---|------------------------|--|---|------|---------------|
| ABENGOA BIOENERGIA AGROINDUSTRIA LTDA - EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | SAO JOAO DA BOA VISTA | 6252818003799 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 780 | - | Não |
| AGRISA AGROINDUSTRIAL SÃO JOÃO S/A | Rio de Janeiro | CABO FRIO | 28851889000210 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | - | 240 | 270 | - | Não |
| AGRO INDUSTRIAL CAMPO LINDO LTDA - EM RECUPERACAO JUDICIAL | Sergipe | NOSSA SENHORA DAS DORES | 7454414000130 | Etanol | - | 500 | 600 | - | Não |
| AGRO INDUSTRIAL CAPELA LTDA | Sergipe | CAPELA | 7461344000147 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | - | 200 | - | Não |
| AGRO INDUSTRIAL TABU S.A | Paraíba | CAAPORA | 9053646000101 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | - | 220 | 350 | - | Não |
| AGRO INDUSTRIAS DO VALE DO SAO FRANCISCO SA AGROVALE | Bahia | JUAZEIRO | 13642699000135 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura (consumo animal) | Cana-de-açúcar | 600 | 700 | - | Sim |
| AGRO SERRA INDUSTRIAL LTDA | Maranhão | SAO RAIMUNDO DAS MANGABEIRAS | 11035672000159 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 580 | 800 | - | Não |
| AGROINDUSTRIAL VISTA ALEGRE S.A. EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | ITAPETININGA | 44836856000177 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 350 | 350 | - | Não |
| AGROPECUARIA JAYORO LTDA | Amazonas | PRESIDENTE FIGUEIREDO | 5827977000109 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | - | 250 | - | Não |
| PORTO SEGURO NEGOCIOS, EMPREENDIMENTOS E PARTICIPACOES SA | Mato Grosso | JACIARA | 11689292000219 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar e milho | 240 | 480 | - | Não |
| USINA SANTA MARIA LTDA | Bahia | MEDEIROS NETO | 4588246000187 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 450 | 1.200 | - | Não |
| AGUAPEI AGROENERGIA S.A | Goiás | SAO SIMAO | 35203047000137 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 400 | - | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------------|----------------------------|----------------|---|---------------------------|-----|-------|--|-----|
| ÁLCOOL QUÍMICA CANABRAVA S.A. EM RECUPERAÇÃO JUDICIAL | Rio de Janeiro | CAMPOS DOS GOYTACAZES | 5627254000158 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 600 | - | Não |
| ALCOOL VERDE S/A | Acre | CAPIXABA | 7591836000157 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 140 | - | Não |
| ALTERNATIVA AGRO INDUSTRIAL LTDA | Maranhão | TUNTUM | 70242813000254 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 72 | - | Não |
| ATENA - TECNOLOGIAS EM ENERGIA NATURAL LTDA. | São Paulo | MARTINOPOLIS | 7458537000149 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 300 | - | Não |
| BAHIA ETANOL HOLDING S.A | Bahia | IBIRAPUA | 24870441000293 | Etanol | Cana-de-açúcar | 250 | 650 | - | Não |
| CAFEALCOOL AGROINDUSTRIAL LTDA. - EM RECUPERAÇÃO JUDICIAL | São Paulo | CAFELANDIA | 55090971000161 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 474 | - | Não |
| CAMBUI ACUCAR E ALCOOL LTDA | Goiás | SANTA HELENA DE GOIAS | 9022388000104 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 650 | 1.480 | - | Não |
| CANEX BIOENERGIA LTDA | Rio Grande do Sul | SAO VICENTE DO SUL | 20058453000186 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 1 | - | Não |
| CENTRAL ACUCAREIRA USINA SANTA MARIA S/A. | Alagoas | PORTO CALVO | 5158542000291 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 180 | 240 | - | Não |
| AGROPECUARIA NOVO MILENIO LTDA | Mato Grosso | LAMBARI D'OESTE | 4165520000105 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Biofertilizante (Vinhaça e torta) | Cana-de-açúcar | 470 | 770 | destilarianovomilenio.com | Sim |
| AGROPECUARIA NOVO MILENIO LTDA | Mato Grosso | MIRASSOL D'OESTE | 4165520000296 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Biofertilizante (Vinhaça e torta) | Cana-de-açúcar | - | 590 | destilarianovomilenio.com | Sim |
| CENTRAL ENERGETICA VICENTINA LTDA | Mato Grosso do Sul | VICENTINA | 7863768000138 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 585 | - | Não |
| CENTROALCOOL S/A (EM RECUPERAÇÃO JUDICIAL) | Goiás | INHUMAS | 2896264000109 | Etanol | Cana-de-açúcar | 150 | 500 | - | Não |
| ALCOESTE BIOENERGIA FERNANDOPOLIS S.A | São Paulo | FERNANDOPOLIS | 43545284000104 | Açúcar, Etanol, Óleo Fúsel, Levedura | Cana-de-açúcar | 420 | 800 | alcoeste.com | Sim |
| CEREALE BRASIL AGROINDUSTRIAL LTDA | São Paulo | DOIS CORREGOS | 7825834000185 | Etanol | Cana-de-açúcar e milho | - | 60 | - | Não |
| CIA AGROPASTORIL VALE DA PIRAGIBA | Bahia | MUQUEM DE SAO FRANCISCO | 11486255000203 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 350 | - | Não |
| CLARION S/A AGROINDUSTRIAL EM RECUPERAÇÃO JUDICIAL | Paraná | IBAITI | 24956666000267 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 500 | 620 | - | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|---|-----|
| COMPANHIA ACUCAREIRA CENTRAL SUMAUMA - EM RECUPERACAO JUDICIAL | Alagoas | MARECHAL DEODORO | 12478095000132 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 120 | 150 | - | Não |
| COMPANHIA ALCOOLQUIMICA NACIONAL-ALCOOLQUIMICA | Pernambuco | VITORIA DE SANTO ANTAO | 11699378000737 | Etanol | Cana-de-açúcar | 280 | 550 | - | Não |
| COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE CANA DE ACUCAR DA MATA SUL | Pernambuco | RIBEIRAO | 34671567000101 | Etanol | Cana-de-açúcar | 140 | 200 | - | Não |
| CUCAU AÇUCAR E ETANOL S.A. | Pernambuco | RIO FORMOSO | 3794600000248 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 300 | 600 | - | Não |
| D'PADUA - DESTILACAO, PRODUCAO, AGROINDUSTRIA E COMERCIO S/A | Paraíba | RIO TINTO | 6312488000179 | Etanol | Cana-de-açúcar | 330 | 345 | - | Não |
| DAMFI - DESTILARIA ANTONIO MONTI FILHO EIRELI | Minas Gerais | CANAPOLIS | 17869587000172 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 198 | - | Não |
| DASA- DESTILARIA DE ALCOOL SERRA DOS AIMORES S/A | Minas Gerais | SERRA DOS AIMORES | 18054379000188 | Etanol | Cana-de-açúcar | 150 | 500 | - | Não |
| DELOS - DESTILARIA LOPEZ DA SILVA LTDA | São Paulo | SERTAOZINHO | 71322523000100 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 200 | - | Não |
| DESTILARIA CACHOEIRA LTDA | Minas Gerais | TUPACIGUARA | 19680743000188 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 120 | - | Não |
| DESTILARIA GENERALCO S/A - EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | GENERAL SALGADO | 44845915000173 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 570 | - | Não |
| DESTILARIA IPANEMA LTDA | São Paulo | BARBOSA | 27951210000111 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 100 | - | Não |
| DESTILARIA RIO DO CACHIMBO LTDA | Minas Gerais | JOAO PINHEIRO | 21783238000100 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 300 | - | Não |
| DESTILARIA TIROLLI LTDA | São Paulo | PALMITAL | 53800207000107 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 350 | - | Não |
| DESTILLA BIOENERGIA AGROINDUSTRIAL LTDA. | Mato Grosso | ITAUBA | 23393856000170 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 5 | - | Não |
| FLORESTA S/A ACUCAR E ALCOOL | Goiás | SANTO ANTONIO DA BARRA | 8048772000105 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 550 | 880 | - | Não |
| GEM AGROINDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA | Goiás | ACREUNA | 25006271000185 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 330 | - | Não |
| IBÉRIA INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA. - EM RECUPERAÇÃO JUDICIAL | São Paulo | BORA | 4839268000253 | Etanol | Cana-de-açúcar | 160 | 480 | - | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------------|----------------|--|----------------|-----|-------|--|-----|
| INDÚSTRIA E COMERCIO DESTILARIA MANTO AZUL LTDA | Mato Grosso | PRIMAVERA DO LESTE | 32765581000149 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 12 | - | Não |
| ITAJUBARA S/A ACUCAR E ALCOOL | Maranhão | COELHO NETO | 6110605000111 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 370 | 400 | - | Não |
| J PILON SA ACUCAR E ALCOOL | São Paulo | CERQUILHO | 47254396000167 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 160 | 580 | - | Não |
| JATAI AGROINDUSTRIA DE BIO-COMBUSTIVEL LTDA | Goiás | JATAI | 7445656000167 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 200 | - | Não |
| JUNCO NOVO LTDA | Sergipe | CAPELA | 2963399000131 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 68 | - | Não |
| LASA LAGO AZUL SA | Goiás | IPAMERI | 2678100000105 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 350 | - | Não |
| LASA LINHARES AGROINDUSTRIAL SA | Espírito Santo | LINHARES | 27291400000150 | Etanol | Cana-de-açúcar | 300 | 400 | - | Não |
| PARAPUA AGROINDUSTRIAL S/A | São Paulo | PARAPUA | 7969961000239 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 150 | 400 | - | Não |
| PIONEIROS BIOENERGIA S/A | São Paulo | SUD MENNUCCI | 51096477000153 | Etanol | Cana-de-açúcar | 300 | 600 | - | Não |
| ROSA S A INDUSTRIA COMERCIO PRODUTOS AGRICOLAS | São Paulo | BOITUVA | 45483054000193 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 120 | - | Não |
| SANTA CRUZ ACUCAR E ALCOOL LTDA | Bahia | SANTA CRUZ CABRALIA | 738822000255 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 200 | 240 | - | Não |
| SANTA MARIA INDUSTRIA DE ALCOOL LTDA | São Paulo | MANDURI | 6046699000107 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 190 | - | Não |
| TGM INDUSTRIA E COMERCIO DE ALCOOL E AGUARDENTE LTDA | São Paulo | CERQUEIRA CESAR | 47233416000113 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 300 | - | Não |
| TIMBRO TRADING S.A. | Rio Grande do Sul | SAO GABRIEL | 12116971001152 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 1 | - | Não |
| TRIEX BIOENERGIA LTDA. | Rio Grande do Sul | ARROIO DO MEIO | 46207827000171 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 1 | - | Não |
| TRIO COMERCIO DE ACUCAR E LOGISTICA LTDA | Rio Grande do Sul | NOVA SANTA RITA | 9602407000406 | Etanol, Ração líquida | Cana-de-açúcar | - | 1 | - | Não |
| U.S.J. - ACUCAR E ALCOOL S/A | São Paulo | ARARAS | 44209336003583 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 800 | 1.000 | - | Não |
| ALCON-COMPANHIA DE ALCOOL CONCEICAO DA BARRA | Espírito Santo | CONCEICAO DA BARRA | 30974737000176 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 300 | 470 | usinaalcon.com | Não |
| USINA AYSÚ LTDA. | Mato Grosso | SORRISO | 10921675000127 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | - | 315 | - | Não |
| USINA CANSANCAO DE SINIMBU SA - EM | Alagoas | JEQUIA DA PRAIA | 12272498000201 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 180 | 240 | - | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------------|----------------|---|----------------------------------|-----|-------|--|-----|
| RECUPERACAO JUDICIAL | | | | | | | | | |
| USINA CAROLO S/A. AÇÚCAR E ALCOOL | São Paulo | PONTAL | 55109474000168 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 240 | 380 | - | Não |
| USINA CENTRAL MATA SUL, INDUSTRIA E COMERCIO DE ACUCAR E ALCOOL LTDA | Pernambuco | CABO DE SANTO AGOSTINHO | 31059324000129 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 130 | 150 | - | Não |
| USINA DE ALCOOL TRES IRMAOS LTDA | Mato Grosso | IPIRANGA DO NORTE | 29204243000123 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 60 | - | Não |
| USINA PAINEIRAS SOCIEDADE ANONIMA | Espírito Santo | ITAPEMIRIM | 27777903000130 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 308 | 324 | - | Não |
| USINA SANTA RITA S/A ACUCAR E ALCOOL EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | SANTA RITA DO PASSA QUATRO | 45353547000109 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 300 | 600 | - | Não |
| ALCOOLVALE S/A ALCOOL E AÇÚCAR - EM RECUPERACAO JUDICIAL | Mato Grosso do Sul | APARECIDA DO TABOADO | 15444904000183 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 380 | alcoolvale.com | Não |
| ALD BIOENERGIA DECIOLANDIA SA | Mato Grosso | NOVA MARILANDIA | 23887964000107 | Etanol, Óleo de milho, Energia Elétrica (Queima biomassa), DDGS, Biofertilizante (cinzas da biomassa) | Milho | - | 500 | aldbioenergia.com | Sim |
| USINA SANTA ROSA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | BOITUVA | 45483146000173 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | - | 180 | - | Não |
| BIOFLEX AGROINDUSTRIAL S.A. | Alagoas | SAO MIGUEL DOS CAMPOS | 13808130000288 | Etanol (2G), Energia Elétrica (Queima biomassa) | Bagaço e palha da cana-de-açúcar | 228 | 228 | granbio.com | Sim |
| USINA SERRA DO CAIAPO S.A. | Goiás | MONTIVIDIU | 7959708000113 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 200 | 400 | - | Não |
| CERRADINHO BIOENERGIA S.A. | Goiás | CHAPADAO DO CEU | 8322396000103 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Óleo de milho, DDGS | Milho | - | 2.800 | cerradinhobio.com | Sim |
| USINA TERMO ELETRICA IOLANDO LEITE LTDA | Sergipe | CAPELA | 6941800000193 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 150 | - | Não |
| UTINGA AÇÚCAR E ETANOL S.A. | Alagoas | RIO LARGO | 12275715000136 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 350 | 450 | - | Não |
| VALE VERDE EMPREENDIMENTOS AGRICOLAS LTDA EM | Rio Grande do Norte | BAIA FORMOSA | 2414858000390 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 360 | 460 | - | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------------|----------------------|----------------|--|----------------|-------|-------|--|-----|
| RECUPERACAO JUDICIAL VALE VERDE EMPREENHIMENTOS AGRICOLAS LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Goiás | ITAPACI | 2414858000470 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 500 | 980 | - | Não |
| VALE VERDE EMPREENHIMENTOS AGRICOLAS LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Goiás | ITAPURANGA | 2414858000632 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 180 | 350 | - | Não |
| USINA MONTE ALEGRE LTDA | Minas Gerais | MONTE BELO | 22587687000146 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 350 | acucaralegre.com | Não |
| USINA MONTE ALEGRE SA | Paraíba | MAMANGUAPE | 9094632000217 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 180 | 250 | acucaralegre.com | Não |
| ADECOAGRO VALE DO IVINHEMA S.A. | Mato Grosso do Sul | ANGELICA | 7903169000109 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.200 | 1.500 | adecoagro.com | Não |
| ADECOAGRO VALE DO IVINHEMA S.A. | Mato Grosso do Sul | IVINHEMA | 7903169001768 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 600 | 1.900 | adecoagro.com | Não |
| AGROPEU-AGRO INDUSTRIAL DE POMPEU S/A | Minas Gerais | POMPEU | 16617789000164 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 420 | 450 | agropeu.com | Não |
| AGT ESTRELA DO OESTE LTDA | Mato Grosso do Sul | ANAURILANDIA | 53326726000185 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 350 | agroterenas.com | Não |
| DESTILARIA AGUA BONITA LTDA | São Paulo | TARUMA | 50227255000160 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 350 | aguabonita.com | Não |
| VALE DO PARANA S/A - ALCOOL E ACUCAR | São Paulo | SUZANAPOLIS | 5938884000143 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 500 | 1.070 | albioma.com | Não |
| USINA ALTA MOGIANA S/A-ACUCAR E ALCOOL | São Paulo | SAO JOAQUIM DA BARRA | 53009825000133 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.100 | 1.700 | altamoqiana.com | Não |
| USINA ALTO ALEGRE S/A - ACUCAR E ALCOOL | São Paulo | PRESIDENTE PRUDENTE | 48295562001108 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 300 | 350 | altoalegre.com | Não |
| CJ SELECTA S.A. | Minas Gerais | ARAGUARI | 969790000541 | Etanol, Lecitina de soja, Óleo de soja, SPC | Soja | - | 35 | ciselecta.com | Sim |
| USINA ALTO ALEGRE S/A - ACUCAR E ALCOOL | Paraná | COLORADO | 48295562001450 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 600 | 700 | altoalegre.com | Não |
| USINA ALTO ALEGRE S/A - ACUCAR E ALCOOL | Paraná | SANTO INACIO | 48295562001884 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 700 | 700 | altoalegre.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------------------|----------------|---|----------------|-------|-------|--|-----|
| USINA ALTO ALEGRE S/A - ACUCAR E ALCOOL | Paraná | FLORESTOPOLIS | 48295562001965 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 600 | altoalegre.com | Não |
| FIGUEIRA INDUSTRIA E COMERCIO S/A - EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | ARACATUBA | 8391345000397 | Etanol | Cana-de-açúcar | 450 | 700 | aralco.com | Não |
| ARAPORA BIOENERGIA S/A | Minas Gerais | ARAPORA | 19818301000155 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 500 | 500 | araporabioenergia.com | Não |
| ATVOS BIOENERGIA BRENCO S.A. | Goiás | PEROLANDIA | 8070566001173 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 1.700 | atvos.com | Não |
| ATVOS BIOENERGIA BRENCO S.A. | Goiás | MINEIROS | 8070566001254 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.500 | 1.700 | atvos.com | Não |
| ATVOS BIOENERGIA BRENCO S.A. | Mato Grosso do Sul | COSTA RICA | 8070566001688 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 750 | 1.700 | atvos.com | Não |
| ATVOS BIOENERGIA BRENCO S.A. | Mato Grosso | ALTO TAQUARI | 8070566001769 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.500 | 1.700 | atvos.com | Não |
| OUROESTE BIOENERGIA LTDA | São Paulo | OUROESTE | 5553456000100 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Etanol para SAF | Cana-de-açúcar | 500 | 500 | bp.com | Não |
| ATVOS BIOENERGIA CONQUISTA DO PONTAL S. A. | São Paulo | MIRANTE DO PARANAPANEMA | 7298800000180 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 1.400 | atvos.com | Não |
| ATVOS BIOENERGIA ELDORADO S.A | Mato Grosso do Sul | RIO BRILHANTE | 5620523000235 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 750 | 1.700 | atvos.com | Não |
| ATVOS BIOENERGIA RIO CLARO S.A. | Goiás | CACU | 8598391000108 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.200 | 1.800 | atvos.com | Não |
| ATVOS BIOENERGIA SANTA LUZIA S.A | Mato Grosso do Sul | NOVA ALVORADA DO SUL | 8906558000142 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 900 | 2.700 | atvos.com | Não |
| BALDIN BIOENERGIA S.A. - EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | PIRASSUNUNGA | 54844360000107 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 180 | 180 | baldin-bioenergia.com | Não |
| BAMBUI BIOENERGIA S.A. | Minas Gerais | BAMBUI | 7930999000206 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 1.100 | bambuioenergia.com | Não |
| USINA BARRALCOOL S/A | Mato Grosso | BARRA DO BUGRES | 33664228000135 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 900 | 1.520 | barralcool.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|------------------------|----------------|---|----------------|-----|-------|--|-----|
| SANTA JULIANA BIOENERGIA LTDA. | Minas Gerais | SANTA JULIANA | 5980986000127 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Etanol para SAF | Cana-de-açúcar | 700 | 1.200 | bp.com | Não |
| BIOENERGETICA VALE DO PARACATU SA | Minas Gerais | JOAO PINHEIRO | 8793343000162 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 600 | 1.000 | bevapbioenergia.com | Não |
| BIOENERGETICA AROEIRA S.A. | Minas Gerais | TUPACIGUARA | 8355201000113 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 550 | 744 | bioaroeira.com | Não |
| FRUTAL BIOENERGIA LTDA. | Minas Gerais | FRUTAL | 7455944000100 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 440 | 500 | bp.com | Não |
| GUARIROBA BIOENERGIA LTDA | São Paulo | PONTES GESTAL | 7398533000112 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 500 | bp.com | Não |
| ITAPAGIPE BIOENERGIA LTDA. | Minas Gerais | ITAPAGIPE | 6059962000100 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 450 | bp.com | Não |
| ITUJUTABA BIOENERGIA LTDA. | Minas Gerais | ITAPAGIPE | 8164344000148 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 800 | 900 | bp.com | Não |
| ITUMBIARA BIOENERGIA S.A. | Goiás | ITUMBIARA | 8517600000133 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 800 | 900 | bp.com | Não |
| ITUMBIARA ENERGETICA LTDA. | Goiás | ITUMBIARA | 8312527000163 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 150 | bp.com | Não |
| MOEMA BIOENERGIA S.A | Mato Grosso do Sul | PONTA PORA | 49972326003861 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 640 | bp.com | Não |
| COFCO INTERNATIONAL BRASIL S.A. | São Paulo | SEBASTIANOPOLIS DO SUL | 6315338002324 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 600 | 1.400 | br.cofcointernational.com | Não |
| COFCO INTERNATIONAL BRASIL S.A. | São Paulo | MERIDIANO | 6315338002405 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 630 | 1.220 | br.cofcointernational.com | Não |
| COFCO INTERNATIONAL BRASIL S.A. | São Paulo | POTIRENDABA | 6315338015060 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 500 | 500 | br.cofcointernational.com | Não |
| COFCO INTERNATIONAL BRASIL S.A. | São Paulo | CATANDUVA | 6315338015140 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 750 | 1.200 | br.cofcointernational.com | Não |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | São Paulo | SEVERINIA | 47080619000974 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 300 | 500 | br.tereos.com | Não |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | São Paulo | TANABI | 47080619003051 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 280 | 720 | br.tereos.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------------------|----------------|--|----------------|-------|-------|--|-----|
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | São Paulo | PITANGUEIRAS | 47080619006158 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 240 | 1.250 | br.tereos.com | Não |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | São Paulo | COLINA | 47080619006239 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 550 | br.tereos.com | Não |
| BRANCO PERES AGRO S/A | São Paulo | ADAMANTINA | 43619832001760 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 180 | 380 | brancoperes.com | Não |
| BOM SUCESSO AGROINDUSTRIA S.A. | Goiás | GOIATUBA | 11092881000134 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.200 | 2.100 | bsabioenergia.com | Não |
| MINAS BIOENERGIA LTDA | Minas Gerais | PIUMHI | 29116635000130 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | - | 1 | canex.com | Não |
| CARAMURU ALIMENTOS S/A | Mato Grosso | SORRISO | 80671002668 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 50 | caramuru.com | Não |
| NEOMILLE S.A. | Goiás | CHAPADAO DO CEU | 47062997000178 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 800 | 1.600 | cerradinhobio.com | Não |
| NEOMILLE S.A. | Mato Grosso do Sul | MARACAJU | 47062997011455 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 800 | 800 | cerradinhobio.com | Não |
| CENTRAL ENERGETICA VALE DO SAPUCAI LTDA | São Paulo | PATROCINIO PAULISTA | 372496000124 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 517 | 900 | cevasa.com | Não |
| CLEALCO ACUCAR E ALCOOL S/A EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | CLEMENTINA | 45483450000110 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 530 | clealco.com | Não |
| CLEALCO ACUCAR E ALCOOL S/A EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | QUEIROZ | 45483450002164 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 500 | 500 | clealco.com | Não |
| CANAPOLIS ACUCAR E ETANOL S.A | Minas Gerais | CANAPOLIS | 28144326000101 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 300 | 750 | cmaa.ind.br | Não |
| VALE DO PONTAL ACUCAR E ETANOL LTDA. | Minas Gerais | LIMEIRA DO OESTE | 8057019000186 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 600 | 750 | cmaa.ind.br | Não |
| VALE DO TIJUCO ACUCAR E ALCOOL S.A. | Minas Gerais | UBERABA | 8493354000127 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 800 | 1.250 | cmaa.ind.br | Não |
| COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANA | Paraná | JUSSARA | 61082962000393 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.320 | 1.400 | cmnp.com | Não |
| COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANA | Paraná | NOVA LONDRINA | 61082962000474 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 120 | 710 | cmnp.com | Não |
| COOPERATIVA DO AGRONEGOCIO DOS ASSOCIADOS DA | Pernambuco | TIMBAUBA | 11169030000223 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 190 | 330 | coaf.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|----------------|-----------------------|----------------|---|----------------|-------|-------|--|-----|
| ASSOCIACAO DOS FORNECEDORES DE CANA-DE-ACUCAR COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO LTDA. | Rio de Janeiro | CAMPOS DOS GOYTACAZES | 5500757000168 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | - | 250 | coagro.coop.br | Não |
| DELLA COLETTA BIOENERGIA S/A | São Paulo | BARIRI | 44691236000197 | Etanol | Cana-de-açúcar | 150 | 410 | coletta.com | Não |
| COLOMBO AGROINDUSTRIA S.A | São Paulo | ARIRANHA | 44330975000153 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 1.400 | colomboagroindustria.com | Não |
| COLOMBO AGROINDUSTRIA S.A | São Paulo | PALESTINA | 44330975002288 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 600 | 1.000 | colomboagroindustria.com | Não |
| COLOMBO AGROINDUSTRIA S.A | São Paulo | SANTA ALBERTINA | 44330975002520 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 1.000 | colomboagroindustria.com | Não |
| ACUCAR E ALCOOL OSWALDO RIBEIRO DE MENDONCA LTDA | São Paulo | GUAIRA | 51990778000126 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 720 | 1.750 | colorado.com.br | Não |
| COMANCHE BIOCMBUSTIVEIS DE SANTA ANITA LTDA. | São Paulo | TATUI | 59243733000108 | Etanol | Cana-de-açúcar | 117 | 120 | comanche.com | Não |
| COOPERATIVA AGRICOLA REGIONAL DE PRODUTORES DE CANA LTD | Paraná | SAO CARLOS DO IVAI | 78340270000210 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 900 | 1.200 | coopcana.com | Não |
| COOPERATIVA DE COLONIZACAO AGROPECUARIA E INDUSTRIAL PINDORAMA LTDA | Alagoas | CORURIFE | 12229753000152 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 300 | 540 | cooperativapindorama.com | Não |
| S A USINA CORURIFE ACUCAR E ALCOOL | Minas Gerais | ITURAMA | 12229415001001 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Etanol para SAF | Cana-de-açúcar | 650 | 700 | usinacoruripe.com | Não |
| COCAL COMERCIO INDUSTRIA CANAA ACUCAR E ALCOOL LTDA | São Paulo | PARAGUACU PAULISTA | 44373108000103 | Açúcar, Etanol, Biometano | Cana-de-açúcar | 200 | 600 | cocal.com | Sim |
| CRV INDUSTRIAL LTDA | Goiás | CARMO DO RIO VERDE | 3937452000192 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 150 | 440 | crvindustrial.com | Não |
| TROPICAL BIOENERGIA S.A. | Goiás | EDEIA | 8195806000194 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Etanol para SAF | Cana-de-açúcar | 1.600 | 2.100 | bp.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|---|---------------------|-----------------------|----------------|---|------------------------|-------|-------|--|-----|
| CRV INDUSTRIAL LTDA | Minas Gerais | CAPINOPOLIS | 3937452000435 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 400 | 650 | crvindustrial.com | Não |
| DACALDA ACUCAR E ALCOOL LTDA | Paraná | JACAREZINHO | 75444430000100 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 170 | 420 | dacalda.com | Não |
| DELTA SUCROENERGIA S.A. | Minas Gerais | CONCEICAO DAS ALAGOAS | 13537735000281 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.100 | 1.500 | deltasucroenergia.com | Não |
| DELTA SUCROENERGIA S.A. | Minas Gerais | DELTA | 13537735000362 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 180 | 1.000 | deltasucroenergia.com | Não |
| ENERGETICA SANTA HELENA S/A | Mato Grosso do Sul | NOVA ANDRADINA | 37216363000250 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 330 | 1.150 | energeticasantahelena.com | Não |
| USINA SANTA HELENA DE ACUCAR E ALCOOL S/A - EM RECUPERACAO JUDICIAL | Goiás | SANTA HELENA DE GOIAS | 2673754000219 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar e milho | 280 | 340 | energeticasantahelena.com | Não |
| USINA ACUCAREIRA ESTER S A | São Paulo | COSMOPOLIS | 60892098000160 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | - | 450 | esteragroindustrial.com | Não |
| USINA ESTIVAS LTDA | Rio Grande do Norte | AREZ | 31168247000145 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 120 | 300 | estiva.com | Não |
| USINA SAO JOSE DA ESTIVA SA ACUCAR E ALCOOL | São Paulo | NOVO HORIZONTE | 53172300000114 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.000 | 1.140 | estiva.com | Não |
| FERMAP INDÚSTRIA DE ALCOOL LTDA. | Mato Grosso | IPIRANGA DO NORTE | 31987903000131 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 63 | fermap.com | Não |
| COCAL COMERCIO INDUSTRIA CANAA ACUCAR E ALCOOL LTDA | São Paulo | NARANDIBA | 44373108000600 | Açúcar, Etanol, Biometano | Cana-de-açúcar | 800 | 1.200 | cocal.com | Sim |
| COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL NOVA PRODUTIVA | Paraná | ASTORGA | 3345641000338 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Biofertilizante (Vinhaça), Óleo Fúsel | Cana-de-açúcar | 300 | 600 | novaproductiva.com | Sim |
| COOPerval COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL VALE DO IVAI LTDA | Paraná | JANDAIA DO SUL | 75084871000130 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), DDGS | Cana-de-açúcar e milho | 200 | 400 | cooperval.coop.br | Sim |
| FATIMA DO SUL AGRO-ENERGETICA S/A - ALCOOL E ACUCAR | Mato Grosso do Sul | FATIMA DO SUL | 8830263000130 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 500 | 900 | fsagroenergetica.com | Não |
| GOIASA GOIATUBA ALCOOL LTDA | Goiás | GOIATUBA | 2773950000184 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 300 | 800 | goiasa.com | Não |
| DA MATA S.A. - ACUCAR E ALCOOL | São Paulo | VALPARAISO | 8110543000173 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima) | Cana-de-açúcar | 800 | 1.000 | damata.ind.br | Sim |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------------|----------------|--|----------------|-------|-------|--|-----|
| DENUSA DESTILARIA NOVA UNIAO S/A - EM RECUPERACAO JUDICIAL | Goiás | JANDAIA | 595322000120 | biomassa), Levedura, Óleo Fúsel Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 450 | 650 | denusa.com | Sim |
| DIANA BIOENERGIA AVANHANDAVA SA | São Paulo | AVANHANDAVA | 45902707000121 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Biofertilizante (Vinhaça), óleo fusel | Cana-de-açúcar | 100 | 350 | dianabioenergia.com | Sim |
| ENERGETICA SERRANOPOLIS LTDA | Goiás | SERRANOPOLIS | 5643160000172 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Biofertilizante (Vinhaça) | Cana-de-açúcar | 140 | 500 | energeticaserranopolis.com | Sim |
| FERRARI AGROINDUSTRIA S/A | São Paulo | PIRASSUNUNGA | 54846951000105 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura (consumo animal) | Cana-de-açúcar | 350 | 800 | usinaferrari.com | Sim |
| GOIAS BIOENERGIA S/A | Goiás | PORTEIRAO | 33142192000120 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 550 | 550 | goiasbioenergia.ind.br | Não |
| CBB- COMPANHIA BIOENERGETICA BRASILEIRA - EM RECUPERACAO JUDICIAL | Goiás | VILA BOA | 37848595000140 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 120 | 450 | grupocbb.ind.br | Não |
| WD AGROINDUSTRIAL LTDA | Minas Gerais | JOAO PINHEIRO | 1105558000102 | Etanol | Cana-de-açúcar | 220 | 450 | grupodetoni.com | Não |
| FS I INDÚSTRIA DE ETANOL S.A. | Mato Grosso | PRIMAVERA DO LESTE | 46710597000240 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Óleo de milho, DDGS | Milho | 2.200 | 2.288 | fs.agr.br | Sim |
| ANICUNS S A ALCOOL E DERIVADOS EM RECUPERACAO JUDICIAL | Goiás | ANICUNS | 2783009000141 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 150 | 450 | grupofarias.com | Não |
| FS INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA. | Mato Grosso | LUCAS DO RIO VERDE | 20003699000150 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Óleo de milho, DDGS | Milho | 1.781 | 1.852 | fs.agr.br | Sim |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------------|------------------------|----------------|---|----------------|-------|-------|--|-----|
| DESTILARIA VEREDAS INDUSTRIA DE ACUCAR E ALCOOL LTDA | Minas Gerais | JOAO PINHEIRO | 10452413000160 | Etanol | Cana-de-açúcar | 300 | 396 | grupoferroeste.com | Não |
| COMPANHIA AGRICOLA USINA JACAREZINHO | Paraná | JACAREZINHO | 61231478000206 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 500 | 800 | grupomaringa.com | Não |
| COMVAP ACUCAR E ALCOOL LTDA | Piauí | UNIAO | 5343207000182 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 260 | 360 | grupoolhodaqua.com | Não |
| USINA CENTRAL OLHO D'AGUA S/A | Pernambuco | CAMUTANGA | 11797222000101 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 170 | 250 | grupoolhodaqua.com | Não |
| USINA GIASA LTDA | Paraíba | PEDRAS DE FOGO | 31093639000192 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 500 | 800 | grupoolhodaqua.com | Não |
| FS INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA. | Mato Grosso | SORRISO | 20003699000231 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Óleo de milho, DDGS | Milho | 2.962 | 3.169 | fs.agr.br | Sim |
| INDUSTRIAL PORTO RICO S A - EM RECUPERAÇÃO JUDICIAL | Alagoas | CAMPO ALEGRE | 12217832000224 | Etanol | Cana-de-açúcar | 190 | 420 | grupoolivaltenerio.com | Não |
| INPASA AGROINDUSTRIAL S/A | Mato Grosso do Sul | DOURADOS | 29316596000204 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Óleo de milho, DDGS | Milho | 3.000 | 3.000 | gruposafra.com | Sim |
| INPASA AGROINDUSTRIAL S/A | Mato Grosso | NOVA MUTUM | 29316596000468 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Óleo de milho, DDGS | Milho | 1.500 | 3.000 | inpasa.com | Sim |
| LINS AGROINDUSTRIAL S.A. | São Paulo | LINS | 35637796000172 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura (consumo animal) | Cana-de-açúcar | 650 | 1.100 | usinalins.com | Sim |
| CERVEJARIA PETROPOLIS S/A | Paraná | ARAUCARIA | 73410326001051 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 10 | grupopetropolis.com | Não |
| EBER BIO-ENERGIA E AGRICULTURA LTDA | Goiás | MONTES CLAROS DE GOIAS | 9075242000119 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 400 | gruposada.com | Não |
| MALOSSO BIOENERGIA S.A | São Paulo | ITAPOLIS | 49976251000103 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura | Cana-de-açúcar | 120 | 400 | malossobioenergia.com | Sim |
| MOEMA BIOENERGIA S.A | São Paulo | ORINDIUIVA | 49972326000170 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), | Cana-de-açúcar | 500 | 1.100 | bp.com | Sim |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------|---|----------------|-----|-------|--|-----|
| SADA BIO-ENERGIA E AGRICULTURA LTDA | Minas Gerais | JAIBA | 6044698000808 | Biofertilizante (Vinhaça) Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 600 | gruposada.com | Não |
| NARDINI AGROINDUSTRIAL LTDA | Goiás | APORE | 48708267001560 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura (consumo animal), Bagaço hidrolisado (alimento animal) | Cana-de-açúcar | - | 600 | nardini.ind.br | Sim |
| NARDINI AGROINDUSTRIAL LTDA | São Paulo | VISTA ALEGRE DO ALTO | 48708267046156 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura (consumo animal), Bagaço hidrolisado (alimento animal) | Cana-de-açúcar | 650 | 1.050 | nardini.ind.br | Sim |
| PEDRO AFONSO BIOENERGIA LTDA | Tocantins | PEDRO AFONSO | 9067572000162 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Biofertilizante (Vinhaça) | Cana-de-açúcar | 750 | 1.500 | bp.com | Sim |
| PITANGUEIRAS ACUCAR E ALCOOL LTDA | São Paulo | PITANGUEIRAS | 44870939000182 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel, Biofertilizante (bagaço) | Cana-de-açúcar | 330 | 600 | usinapitangueiras.com | Sim |
| RAIZEN CAARAPO ACUCAR E ALCOOL LTDA | São Paulo | PARAGUACU PAULISTA | 9538989000409 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Biofertilizante (vihaça), Bagaço hidrolisado (alimento animal) | Cana-de-açúcar | 580 | 480 | raizen.com | Sim |
| CEARA-MIRIM AGROINDUSTRIAL S.A. | Rio Grande do Norte | CEARA-MIRIM | 20809373000115 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 240 | grupotelles.com | Não |
| NOVA PLATINA BIOENERGIA LTDA | São Paulo | PLATINA | 49381734000157 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 60 | 170 | grupozebianco.com | Não |
| ZAMBIANCO - ACUCAR E ALCOOL LTDA. | São Paulo | TIETE | 72455876000133 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 120 | grupozebianco.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------------|----------------|---|----------------------------------|-------|-------|---|-----|
| RAÍZEN CENTRO-SUL PAULISTA S.A. | São Paulo | MORRO AGUDO | 49213747011585 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Óleo Fúsel, Biofertilizante (vinhaça) | Cana-de-açúcar | 350 | 700 | raizen.com | Sim |
| USINA UBERABA S/A | Minas Gerais | UBERABA | 7674341000191 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.000 | 1.700 | https://www.nativealimentos.com.br/ | Não |
| SÃO LUIZ AGROINDÚSTRIA S.A. | São Paulo | PIRASSUNUNGA | 38278706000192 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 200 | 600 | https://www.saoluizbioenergia.com.br/ | Não |
| IACO AGRICOLA S/A | Mato Grosso do Sul | PARAISO DAS AGUAS | 7895728000682 | Etanol | Cana-de-açúcar | 650 | 2.100 | iacogricolasa.com | Não |
| IMPACTO BIOENERGIA ALAGOAS S.A | Alagoas | TEOTONIO VILELA | 28620879000193 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 110 | 250 | ibeacom | Não |
| INPASA AGROINDUSTRIAL S/A | Mato Grosso | SINOP | 29316596000115 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 6.000 | 6.000 | inpasa.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | JAU | 8070508009558 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Pellets de bagaço e palha | Cana-de-açúcar | 160 | 550 | raizen.com | Sim |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | PIRACICABA | 8070508012184 | Açúcar, Etanol (1G e 2G), Biogás, Etanol para SAF | Cana-de-açúcar | 865 | 1.416 | raizen.com | Sim |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | GUARIBA | 8070508006532 | Etanol (2G), Biogás | Bagaço e palha da cana-de-açúcar | 550 | 2.020 | raizen.com | Sim |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | BARRA BONITA | 8070508000330 | Etanol (2G) | Bagaço e palha da cana-de-açúcar | 1.710 | 2.200 | raizen.com | Sim |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | VALPARAISO | 8070508006702 | Etanol (2G) | Bagaço e palha da cana-de-açúcar | 320 | 720 | raizen.com | Sim |
| INPASA AGROINDUSTRIAL S/A | Mato Grosso do Sul | SIDROLANDIA | 29316596000620 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 2.500 | 2.500 | inpasa.com | Não |
| IPIRANGA AGROINDUSTRIAL S.A. | São Paulo | IACANGA | 7280328000158 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 700 | 950 | ipirangaagroindustrial.com | Não |
| IPIRANGA AGROINDUSTRIAL S.A. | São Paulo | MOCOCA | 7280328001715 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 350 | 700 | ipirangaagroindustrial.com | Não |
| IPIRANGA AGROINDUSTRIAL S.A. | São Paulo | DESCALVADO | 7280328001804 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 450 | ipirangaagroindustrial.com | Não |
| INDUSTRIA E COMERCIO IRACEMA LTDA | São Paulo | ITAI | 53906384000172 | Etanol | Cana-de-açúcar | 323 | 500 | iracemadobrasil.com | Não |
| RENUKA DO BRASIL S.A. - EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | PROMISSAO | 43932102000581 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 920 | 1.600 | renukabrasil.com | Sim |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-----------------------|----------------|---|------------------------|-----|-------|--|-----|
| RENUKA VALE DO IVAI S.A. - EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | SAO PEDRO DO IVAI | 75177857000180 | biomassa), Levedura (consumo animal) Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura (consumo animal) | Cana-de-açúcar | 300 | 450 | renukabrasil.com | Sim |
| JALLES MACHADO S.A. | Goiás | GOIANESIA | 2635522000195 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 800 | 860 | jalles.com | Não |
| RIO AMAMBAI AGROENERGIA S.A. | Mato Grosso do Sul | NAVIRAI | 23858708000183 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Creme de levedura (consumo animal) | Cana-de-açúcar | 270 | 1.200 | rioamambaiaagroenergia.com | Sim |
| JALLES MACHADO S.A. | Goiás | GOIANESIA | 2635522004930 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 900 | jalles.com | Não |
| COMPANHIA AGRICOLA PONTENOVENSE | Minas Gerais | URUCANIA | 23796998000188 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 150 | 200 | jatiboca.com | Não |
| LOUIS DREYFUS COMPANY BRASIL S.A. | Rio Grande do Sul | SAO SEBASTIAO DO CAI | 47067525021296 | Etanol | Cana-de-açúcar | - | 1 | ldc.com | Não |
| DESTILARIA DE ALCOL LIBRA LTDA - EM RECUPERACAO JUDICIAL | Mato Grosso | SAO JOSE DO RIO CLARO | 297598000122 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar e milho | 600 | 600 | libraetanol.com | Não |
| LONDRA ACUCAR E ALCOOL LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | ITAI | 49605157000210 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 380 | 410 | londra.com | Não |
| MAITY BIOENERGIA LTDA. | Maranhão | CAMPESTRE DO MARANHAO | 7007398000218 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 220 | 300 | maity.com | Não |
| MIRIRI ALIMENTOS E BIOENERGIA S/A. | Paraíba | SANTA RITA | 9090259000145 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 540 | 660 | miriri.com | Não |
| NEXUS PRODUCAO E COMERCIALIZACAO DE BIOENERGIA LTDA | Rio Grande do Sul | SAO SEBASTIAO DO CAI | 34639735000181 | Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | - | 1 | nexusbioenergia.com | Não |
| DESTILARIA NOVA ERA LTDA. | São Paulo | IBATE | 7736245000120 | Etanol | Cana-de-açúcar | 28 | 85 | novaera-energia.com | Não |
| USINA NOVA GALIA LTDA | Goiás | PARAUNA | 7300906000170 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 600 | 2.000 | novagaliala.com | Não |
| ONDA VERDE AGROCOMERCIAL S/A | São Paulo | ONDA VERDE | 4248044000277 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 120 | 350 | ondaverdeagrocomercialsa.com | Não |
| PAGRISA PARA PASTORIL E AGRICOLA S/A | Pará | ULIANOPOLIS | 5459177000174 | Açúcar, Etanol | Cana-de-açúcar | 260 | 340 | pagrisa.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------------|----------------|--|------------------------|-------|-------|--|-----|
| PEDRA AGROINDUSTRIAL S/A | São Paulo | SERRANA | 71304687000105 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 740 | 1.400 | pedraagroindustrial.com | Não |
| PEDRA AGROINDUSTRIAL S/A | São Paulo | BURITIZAL | 71304687001845 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.320 | 2.400 | pedraagroindustrial.com | Não |
| PEDRA AGROINDUSTRIAL S/A | São Paulo | NOVA INDEPENDENCIA | 71304687002817 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa) | Cana-de-açúcar | 1.300 | 2.000 | pedraagroindustrial.com | Não |
| S A USINA CORURIFE ACUCAR E ALCOOL | Minas Gerais | CAMPO FLORIDO | 12229415001435 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 850 | 900 | usinacoruripe.com | Sim |
| S A USINA CORURIFE ACUCAR E ALCOOL | Minas Gerais | LIMEIRA DO OESTE | 12229415001605 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 350 | 650 | usinacoruripe.com | Sim |
| SAFRAS INDUSTRIA E COMERCIO DE BIOCMBUSTIVEIS LTDA | Mato Grosso | SORRISO | 25242466000124 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Milho | - | 95 | gruposafra.com | Sim |
| USINA PETRIBU SA | Pernambuco | LAGOA DE ITAENGA | 10645075000183 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 200 | 220 | petribu.com | Não |
| SANTA VITORIA ACUCAR E ALCOOL LTDA | Minas Gerais | SANTA VITORIA | 7981751000185 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 1.200 | jalles.com | Sim |
| CACU COMERCIO E INDUSTRIA DE ACUCAR E ALCOOL LTDA | Goiás | VICENTINOPOLIS | 7996345000196 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar e milho | - | 1.200 | piracicabaengenharia.com | Não |
| ACUCAREIRA QUATA S/A | São Paulo | MACATUBA | 60855574000335 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 750 | 1.100 | quatasa.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------------------|----------------|---|----------------|-------|-------|--|-----|
| ACUCAREIRA QUATA S/A | São Paulo | LENCOIS PAULISTA | 60855574000416 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 700 | 1.100 | quatasa.com | Não |
| ACUCAREIRA QUATA S/A | São Paulo | QUATA | 60855574001307 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 700 | 1.020 | quatasa.com | Não |
| SAO MARTINHO S/A | São Paulo | PRADOPOLIS | 51466860000156 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 2.050 | 2.190 | saomartinho.com | Sim |
| SAO MARTINHO S/A | São Paulo | AMERICO BRASILIENSE | 51466860005034 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 750 | 1.100 | saomartinho.com | Sim |
| SAO MARTINHO S/A | São Paulo | IRACEMAPOLIS | 51466860002957 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 850 | 1.100 | saomartinho.com | Sim |
| SAO MARTINHO S/A | Goiás | QUIRINOPOLIS | 51466860006278 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.184 | 3.120 | saomartinho.com | Sim |
| RAIZEN CAARAPO ACUCAR E ALCOOL LTDA | Mato Grosso do Sul | CAARAPO | 9538989000166 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.540 | 2.100 | raizen.com | Não |
| RAIZEN CAARAPO ACUCAR E ALCOOL LTDA | São Paulo | MARACAI | 9538989000670 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 690 | 635 | raizen.com | Não |
| RAIZEN CAARAPO ACUCAR E ALCOOL LTDA | São Paulo | TARUMA | 9538989000751 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima | Cana-de-açúcar | 760 | 1.040 | raizen.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|----------------|----------------|---|---------------------------|-------|-------|--|-----|
| | | | | biomassa), Levedura, Óleo fusel | | | | | |
| RAÍZEN CENTRO-SUL PAULISTA S.A. | São Paulo | MORRO AGUDO | 49213747000117 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 600 | 1.200 | raizen.com | Não |
| RAÍZEN CENTRO-SUL PAULISTA S.A. | São Paulo | SERTAOZINHO | 49213747011828 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 500 | 1.150 | raizen.com | Não |
| RAÍZEN CENTRO-SUL PAULISTA S.A. | São Paulo | COLOMBIA | 49213747012980 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 550 | raizen.com | Não |
| RAÍZEN CENTRO-SUL S.A. | Mato Grosso do Sul | RIO BRILHANTE | 15527906000721 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 750 | 950 | raizen.com | Não |
| RAÍZEN CENTRO-SUL S.A. | Minas Gerais | LAGOA DA PRATA | 15527906002937 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.000 | 1.100 | raizen.com | Não |
| RAÍZEN CENTRO-SUL S.A. | Mato Grosso do Sul | RIO BRILHANTE | 15527906003585 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.000 | 1.100 | raizen.com | Não |
| SJC BIOENERGIA LTDA | Goiás | QUIRINOPOLIS | 10249419000216 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar e milho | 350 | 1.505 | sicbioenergia.com | Sim |
| RAÍZEN CENTRO-SUL S.A. | São Paulo | LEME | 15527906003666 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 300 | 510 | raizen.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|----------------|---------------|--|----------------|-------|-------|--|-----|
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | ARACATUBA | 8070508006613 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 250 | 500 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | ANDRADINA | 8070508006885 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.330 | 1.440 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | IPAUSSU | 8070508006966 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 400 | 400 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | DOIS CORREGOS | 8070508007261 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 185 | 430 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | BENTO DE ABREU | 8070508008314 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 285 | 350 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | RIO DAS PEDRAS | 8070508009477 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 250 | 370 | raizen.com | Não |
| T.G. AGRO INDUSTRIAL LTDA. | Maranhão | ALDEIAS ALTAS | 2126558000143 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 200 | 420 | itapecurubioenergia.com | Sim |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | MIRANDOPOLIS | 8070508009710 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 360 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | CAPIVARI | 8070508012001 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima | Cana-de-açúcar | - | 320 | raizen.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|------------|---------------|---|----------------|-----|-------|--|-----|
| | | | | biomassa), Levedura, Óleo fusel | | | | | |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | RAFARD | 8070508012265 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 370 | 400 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | IGARAPAVA | 8070508012427 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 750 | 970 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | IBATE | 8070508012508 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 80 | 350 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | BOCAINA | 8070508015795 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 600 | 750 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | BROTAS | 8070508015876 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 625 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | São Paulo | ARARAQUARA | 8070508016414 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 400 | 620 | raizen.com | Não |
| RAIZEN ENERGIA S.A | Goiás | JATAI | 8070508016767 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 2.400 | raizen.com | Não |
| RUBIATABA INDUSTRIAL S/A | Goiás | RUBIATABA | 3347747000109 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 260 | 800 | rubisa.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|------------|-------------------|-----------------|--|----------------|-------|-------|--|-----|
| RUBIATABA INDUSTRIAL S/A | Goiás | URUACU | 3347747000370 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 500 | rubisa.com | Não |
| USINA SAO JOSE S/A | Pernambuco | IGARASSU | 10362820000187 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 90 | 240 | saojoseagroindustrial.com | Não |
| INDUSTRIA E COMERCIO DE BEBIDAS SEIS LAGOAS LTDA | São Paulo | BROTAS | 49049638000106 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 180 | seislaqoas.com | Não |
| JAPUNGU AGROINDUSTRIAL LTDA | Paraíba | SANTA RITA | 9357997000106 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 600 | 700 | sindalcool.com | Não |
| USINA SANTA ADELIA S A | São Paulo | JABOTICABAL | 50376938000189 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 680 | 700 | site.usinasantaadelia.com | Não |
| USINA SANTA ADELIA S A | São Paulo | PEREIRA BARRETO | 50376938000936 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.250 | 1.450 | site.usinasantaadelia.com | Não |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | São Paulo | OLIMPIA | 47080619001199 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 480 | br.tereos.com | Sim |
| SJC BIOENERGIA LTDA | Goiás | CACHOEIRA DOURADA | 10249419000305 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.470 | 1.550 | sicbioenergia.com | Não |
| TEREOS ACUCAR E ENERGIA BRASIL S.A. | São Paulo | GUAIRA | 470806190003302 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 300 | 1.100 | br.tereos.com | Sim |

| | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------------|----------------|---|----------------|-----|-------|--|-----|
| | | | | biomassa), Levedura, Óleo fusel | | | | | |
| TIETE AGROINDUSTRIAL S.A. | São Paulo | PARAISO | 51843514000140 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 500 | 750 | tieteagro.com | Não |
| TIETE AGROINDUSTRIAL S.A. | São Paulo | UBARANA | 51843514009600 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 600 | 650 | tieteagro.com | Não |
| USINA ACUCAREIRA GUAIRA LIMITADA | São Paulo | GUAIRA | 44346583000182 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 480 | 500 | uag.com | Não |
| UMOE BIOENERGY S.A. | São Paulo | SANDOVALINA | 3445208000455 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 700 | 1.300 | umoebioenergy.com | Não |
| USINA RIO PARDO S.A. EM RECUPERACAO JUDICIAL | São Paulo | CERQUEIRA CESAR | 8657268000102 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 550 | urp.ind.br | Não |
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | PARANACITY | 75717355000286 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 550 | usacucar.com | Não |
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | TAPEJARA | 75717355000367 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 600 | 420 | usacucar.com | Não |
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | IVATE | 75717355000448 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 190 | 300 | usacucar.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------|---------------|----------------|--|----------------|-----|-------|--|-----|
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | MARINGA | 75717355000529 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 120 | 300 | usacucar.com | Não |
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | TERRA RICA | 75717355000871 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 300 | 350 | usacucar.com | Não |
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | RONDON | 75717355001096 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 400 | usacucar.com | Não |
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | CIDADE GAUCHA | 75717355001177 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 300 | usacucar.com | Não |
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | SAO TOME | 75717355001258 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 550 | usacucar.com | Não |
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | MOREIRA SALES | 75717355001410 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 200 | usacucar.com | Não |
| USINA DE ACUCAR SANTA TEREZINHA LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Paraná | UMUARAMA | 75717355001509 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 350 | usacucar.com | Não |
| U.S.A. - USINA SANTO ANGELO LTDA | Minas Gerais | PIRAJUBA | 19537471000161 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 580 | 1.000 | usangelo.com | Não |
| ACUCAR E ALCOOL BANDEIRANTES S.A. | Paraná | BANDEIRANTES | 75619056000128 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima | Cana-de-açúcar | 300 | 780 | usiban.com.br | Não |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|--------------------------|----------------|---|----------------|-------|-------|--|-----|
| | | | | biomassa), Levedura, Óleo fusel | | | | | |
| USINA BATATAIS S/A ACUCAR E ALCOOL | São Paulo | BATATAIS | 54470679000101 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 600 | 1.000 | usinabatatais.com | Não |
| USINA BAZAN SA | São Paulo | PONTAL | 55109565000101 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.000 | 900 | usinabazan.com | Não |
| USINA BELA VISTA S/A | São Paulo | PONTAL | 4969941000199 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.000 | 820 | usinabelavista.com | Não |
| USINA CAETE S A | Alagoas | SAO MIGUEL DOS CAMPOS | 12282034000286 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 320 | 500 | usinacaete.com | Não |
| USINA CAETE S A | Alagoas | IGREJA NOVA | 12282034000367 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 210 | 270 | usinacaete.com | Não |
| USINA CAETE S A | Alagoas | MACEIO | 12282034000600 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 130 | 220 | usinacaete.com | Não |
| USINA CAETE S A | São Paulo | PAULICEIA | 12282034001762 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 550 | 1.200 | usinacaete.com | Não |
| CENTRAL ENERGETICA MORRINHOS SA | Goiás | MORRINHOS | 7130855000186 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 400 | usinacolorado.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------------------|----------------|---|---------------------------|-------|-------|--|-----|
| COOPERATIVA AGR PROD CANA DE CAMPO NOVO DO PARECIS LTDA | Mato Grosso | CAMPO NOVO DO PARECIS | 15043391000107 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 600 | 1.670 | usinacoprodia.com | Não |
| S A USINA CORURIFE ACUCAR E ALCOOL | Alagoas | CORURIFE | 12229415000200 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 350 | 430 | usinacorurife.com | Não |
| USIMAT DESTILARIA DE ALCOOL LTDA | Mato Grosso | CAMPOS DE JULIO | 7670089000142 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar e milho | 1.180 | 1.290 | - | Sim |
| USINA ACUCAREIRA S. MANOEL S/A. | São Paulo | SAO MANUEL | 60329174000124 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 750 | 1.200 | saomanoel.com | Sim |
| USINA ACUCAREIRA FURLAN SOCIEDADE ANONIMA | São Paulo | AVARE | 56723257000207 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 600 | usinafurlan.com | Não |
| USINA GOIANESIA S/A | Goiás | GOIANESIA | 2460988000105 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 130 | 200 | usinagoianesia.com | Não |
| USINA GRANELLI LTDA | São Paulo | CHARQUEADA | 56624174000180 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 100 | usinagraneli.com | Não |
| USINA CERRADAO LTDA | Minas Gerais | FRUTAL | 8056257000177 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 550 | 1.400 | cerradao.com | Sim |
| USINA ENERSUGAR S/A ACUCAR E ALCOOL | São Paulo | IBIRAREMA | 34656444000100 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima | Cana-de-açúcar | - | 600 | enersugar.com | Sim |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------|----------------|---|---------------------------|-------|-------|--|-----|
| | | | | biomassa), Levedura, Óleo fusel | | | | | |
| USINA IPOJUCA S/A | Pernambuco | IPOJUCA | 10384022000318 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 100 | 150 | usinaipojuca.com | Não |
| USINA SANTA ISABEL S/A | São Paulo | NOVO HORIZONTE | 47524632000118 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 700 | 700 | usinasantaisabel.com | Sim |
| USINA ITAJOBI LTDA - ACUCAR E ALCOOL | São Paulo | MARAPOAMA | 43533819000399 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 300 | 540 | usinaitajobi.com | Não |
| USINA LAGUNA - ALCOOL E ACUCAR LTDA | Mato Grosso do Sul | BATAYPORA | 7912062000119 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 750 | usinalaguna.com | Não |
| CENTRAL ENERGÉTICA MORENO DE MONTE APRAZÍVEL AÇÚCAR E ALCÓOL LTDA. | São Paulo | MONTE APRAZÍVEL | 4171382000177 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 820 | 900 | usinamoreno.com | Não |
| COPLASA - AÇUCAR E ALCOOL LTDA. | São Paulo | PLANALTO | 5928246000141 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.100 | 1.200 | usinamoreno.com | Não |
| CENTRAL ENERGÉTICA MORENO AÇÚCAR E ÁLCOOL LTDA. | São Paulo | LUIS ANTONIO | 45765914000181 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.200 | 1.200 | usinamoreno.com | Não |
| USINA RIO VERDE LTDA EM RECUPERACAO JUDICIAL | Goiás | RIO VERDE | 2043917000107 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar e milho | 120 | 330 | usinarioverde.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|---|-----------|----------------------|----------------|--|----------------|-----|-------|--|-----|
| USINA SANTA ISABEL S/A | São Paulo | MENDONCA | 47524632000894 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 600 | usinasantaisabel.com | Sim |
| USINA SANTA FE S/A. | São Paulo | NOVA EUROPA | 45281813000135 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 180 | 1.000 | usinasantafe.com | Não |
| USINA SAO DOMINGOS-ACUCAR E ETANOL S/A | São Paulo | CATANDUVA | 47063128000168 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 450 | 500 | usd.ind.br | Sim |
| USINA SAO JOSE DO PINHEIRO LTDA | Sergipe | LARANJEIRAS | 13324215000100 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 150 | 180 | usjp.ind.br | Sim |
| USINA SANTA LUCIA S A | São Paulo | ARARAS | 44207249000148 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 310 | 500 | usinasantalucia.com | Não |
| CENTRAL ACUCAREIRA SANTO ANTONIO S A | Alagoas | SAO LUIS DO QUITUNDE | 12718011000190 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 310 | 505 | usinasantoantonio.com | Não |
| USINA SANTO ANTONIO S/A | São Paulo | SERTAOZINHO | 71324784000151 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 680 | 710 | usinasantoantonio.com | Não |
| USINA SAO FRANCISCO S/A | São Paulo | BARRINHA | 71324792000440 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 400 | usinasaofrancisco.com | Não |
| USINA SANTA CLOTILDE S/A - EM RECUPERACAO JUDICIAL EM | Alagoas | RIO LARGO | 12607842000195 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima | Cana-de-açúcar | 90 | 180 | usinasclotilde.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|------------------|----------------|---|----------------|-----|-------|--|-----|
| RECUPERACAO JUDICIAL | | | | biomassa), Levedura, Óleo fusel | | | | | |
| USINA SERRA GRANDE SA | Alagoas | SAO JOSE DA LAJE | 12706289000148 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 180 | 190 | usinasergrande.com | Não |
| USINA SAO LUIZ S A | São Paulo | OURINHOS | 53408860000125 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 1.100 | usinasaoluiz.com | Sim |
| USINA TRAPICHE S/A | Pernambuco | SIRINHAEM | 10820645000124 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 192 | 198 | usinasergrande.com | Não |
| SONORA ESTANCIA S/A | Mato Grosso do Sul | SONORA | 47902283000120 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 300 | 460 | usinasonora-ms.com | Não |
| TRIUNFO AGROINDUSTRIAL LTDA - EM RECUPERACAO JUDICIAL EM RECUPERACAO JUDICIAL | Alagoas | BOCA DA MATA | 12733937000155 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 300 | 330 | usinatriunfo.com | Não |
| USINA VERTENTE LTDA. | São Paulo | GUARACI | 5242560000176 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 325 | 880 | usinavertente.com | Não |
| COMPANHIA USINA SAO JOAO | Paraíba | SANTA RITA | 8974214000170 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 100 | 200 | usi.com | Não |
| USINA UNIAO E INDUSTRIA SA | Pernambuco | PRIMAVERA | 10204485000199 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 100 | 200 | uui.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------|----------------|----------------|---|----------------|-------|-------|--|-----|
| USINA PANORAMA S/A | Goiás | ITUMBIARA | 8704527000109 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 400 | 600 | valedoverdao.com | Não |
| VALE DO VERDAO SOCIEDADE ANONIMA ACUCAR E ALCOOL | Goiás | TURVELANDIA | 2859452000230 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 850 | 1.280 | valedoverdao.com | Não |
| VITERRA BIOENERGIA S.A. | São Paulo | JUNQUEIROPOLIS | 68316801000102 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 500 | 490 | viterra.com | Não |
| USINAS ITAMARATI S/A | Mato Grosso | NOVA OLIMPIA | 15009178000170 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 1.460 | 1.565 | uisa.com | Sim |
| VIRALCOOL - ACUCAR E ALCOOL LTDA. | São Paulo | CASTILHO | 53811006000296 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 1.000 | viralcool.com | Sim |
| VIRALCOOL - ACUCAR E ALCOOL LTDA. | São Paulo | SERTAOZINHO | 53811006050200 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | - | 390 | viralcool.com | Sim |
| VITERRA BIOENERGIA S.A. | São Paulo | GUARARAPES | 68316801002571 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 350 | 350 | viterra.com | Não |
| VALE DO PARACATU BIOENERGIA S.A. | Minas Gerais | PARACATU | 7459492000127 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 700 | 700 | vpabio.com | Não |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------|--------------|----------------|---|----------------|-----|-----|--|-----|
| SALTO BOTELHO AGROENERGIA S.A. | São Paulo | LUCELIA | 45968162000156 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 400 | 600 | zilor.com | Não |
| VIRALCOOL - ACUCAR E ALCOOL LTDA. | São Paulo | PITANGUEIRAS | 53811006000105 | Açúcar, Etanol, Energia Elétrica (Queima biomassa), Levedura, Óleo fusel | Cana-de-açúcar | 600 | 625 | viralcool.com | Sim |