

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Avaliação do RenovaBio como indutor da eficiência energética
ambiental no processo produtivo do etanol**

Verônica Martins Costa de Oliveira

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Administração

**Piracicaba
2023**

Verônica Martins Costa de Oliveira
Bacharela em Gestão Ambiental

**Avaliação do RenovaBio como indutor da eficiência energética ambiental
no processo produtivo do etanol**

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **CARLOS EDUARDO DE FREITAS VIAN**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Administração

Piracicaba
2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Oliveira, Veronica Martins Costa de

Avaliação do RenovaBio como indutor da eficiência energética ambiental no processo produtivo do etanol / Veronica Martins Costa de Oliveira. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

72 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Agronegócio 2. Sustentabilidade 3. RenovaBio 4. Biocombustíveis 5. Etanol I. Título

DEDICATÓRIA

À minha querida família, que tanto admiro, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste percurso.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa o cumprimento de mais uma etapa de vida. Não é simplesmente a realização de um trabalho acadêmico, mas todo um processo de crescimento pessoal que o mestrado me proporcionou.

Portanto, agradeço primeiramente a Deus por ter demonstrado sua presença comigo de formas muito especiais.

Agradeço ao meu pai e minha mãe, minha irmã, meu irmão e minhas duas lindas sobrinhas, são todos eixo da minha fonte de energia e fé na vida.

Agradeço ao meu marido, apoiando-me por todos esses dias e noites de trabalho e sendo meu admirador em todos os momentos.

Agradeço à Neri Domingues Lopes, uma pessoa muito relevante na minha vida e que em um dos momentos mais difíceis dessa trajetória me apoiou com palavras de esperança.

Agradeço ao professor Carlos Eduardo de Freitas Vian por ter perseguido comigo esse tema de pesquisa e pela liberdade de poder explorar o que eu considere relevante. Aproveito para registrar meu profundo respeito e admiração pelo seu trabalho, ensinamentos e apoio. Obrigada!

Agradeço ao professor Haroldo José da Silva Torres pelo papel de incentivador e apoiador desde o início desse desafio e por ter sido peça chave para que eu desse continuidade e pudesse concluir mais essa etapa na minha vida acadêmica.

À minha amiga Ana Paula de Oliveira Barbosa, uma pessoa que marcou a minha passagem pela escola e vou levar para a vida.

Finalizo expressando minha gratidão também à ESALQ, que desde a graduação me acolheu e me ensinou muito.

EPÍGRAFE

"Trabalhe duro e em
silêncio. Deixe que seu
sucesso faça o barulho."

Dale Carnegie

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. Mudanças climáticas	17
2.2. Sustentabilidade no agronegócio	20
2.3. Mecanismos sustentáveis na produção e processamento de cana-de-açúcar	22
2.4. Etanol	24
2.5. Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)	29
2.5.1. Implantação	29
2.5.2. Funcionamento	30
2.5.3. Abrangência e percepções acerca do RenovaBio	34
2.5.4. RenovaBio como mecanismo de coordenação entre os agentes da cadeia do etanol	36
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1. Coleta de dados	39
3.2. Análise de dados	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS	63
ANEXOS.....	65

RESUMO

Avaliação do RenovaBio como indutor da eficiência energética ambiental no processo produtivo do etanol

Envolver questões relacionadas à sustentabilidade, termo frequentemente discutido atualmente, e o agronegócio brasileiro, principalmente no cultivo da cana-de-açúcar para produção de etanol, tem sido foco de debates acerca da Política Nacional de Biocombustíveis, conhecida como RenovaBio, desde 2017. Nesse sentido, o objetivo desse estudo é analisar a efetividade dessa política, que aborda iniciativas de baixo carbono no mercado de biocombustíveis em relação a sua eficiência energética ambiental. Para tanto, foi realizada uma análise estatística através do teste t *student* com dados derivados dos processos de recertificações do programa RenovaBio pelas usinas produtoras de etanol de primeira geração de cana-de-açúcar, incluindo nota de eficiência energético-ambiental e o volume elegível, relacionando as principais diferenças entre as certificações e seu período de vigência. Além disso, foi verificado através de análise do processo de certificação, de que forma o cenário de aumento ou queda da nota de eficiência energético-ambiental e/ou volume elegível do etanol contribuiu para o cumprimento dos objetivos do RenovaBio e quais foram seus principais desafios desde sua implantação. O estudo indicou que o RenovaBio, apesar de ser ferramenta fundamental na descarbonização, possui muitos desafios a serem superados. Os resultados acerca das recertificações demonstraram que a Nota de Eficiência Energético Ambiental (NEEA) sofreu aumento estatisticamente significativo, indicando, que as usinas diminuíram suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. O volume elegível também teve variação média positiva, no entanto, a participação do etanol no mercado de combustíveis sofreu queda nos últimos três anos, indicando que a política ainda não cumpre com seus objetivos plenamente.

Palavras-chave: Agronegócio, Sustentabilidade, RenovaBio, Biocombustíveis, Etanol

ABSTRACT

Evaluation of RenovaBio as an inducer of environmental energy efficiency in the ethanol production process

Involving issues related to sustainability, a term frequently discussed today, and Brazilian agribusiness, mainly in the cultivation of sugarcane for ethanol production, has been the focus of debates about the National Biofuels Policy, known as RenovaBio, since 2017. In this sense, the objective of this study is to analyze the effectiveness of this policy, which addresses low carbon initiatives in the biofuel market in relation to its environmental energy efficiency. To this end, a statistical analysis was carried out using the *t-student* test with data derived from the recertification processes of the RenovaBio program by the sugarcane first generation ethanol producing plants, including the energy-environmental efficiency score and the eligible volume, relating the main differences between the certifications and their validity period. In addition, it was verified, through analysis of the certification process, how the scenario of increase or decrease in the energy-environmental efficiency score and/or eligible volume of ethanol contributed to the fulfillment of RenovaBio's objectives and what were its main challenges since its implementation. The study indicated that RenovaBio, despite being a fundamental tool in decarbonization, has many challenges to be overcome. The results about the recertifications showed that the Environmental Energy Efficiency Score (NEEA) suffered a statistically significant increase, indicating, even if subtly, that the plants reduced their emissions of greenhouse gases (GHG) into the atmosphere. The eligible volume also had a positive average change, however, the share of ethanol in the fuel market has dropped in the last three years, indicating that the policy still does not fully meet its objectives.

Keywords: Agribusiness, Sustainability, RenovaBio, Biofuels, Ethanol

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Emissões de CO ₂ por fonte.....	12
Figura 2. Emissões de gases de efeito estufa no mundo.....	19
Figura 3. Volume de Etanol Hidratado vendido no Brasil.....	26
Figura 4. Participação do Etanol no Ciclo Otto 2022.....	28
Figura 5. Funcionamento do RenovaBio.....	31
Figura 6. Funcionamento da Renovacalc.....	33
Figura 7. Variação da NEEA.....	49
Figura 8. Histograma variação da NEEA entre as certificações.....	50
Figura 9. Simulação das NEEA's em distribuições normais.....	50
Figura 10. Variação do volume elegível.....	53
Figura 11. Histograma variação do volume elegível entre as certificações.....	54
Figura 12. Período entre as certificações em ano.....	55
Figura 13. Histograma período entre as certificações.....	56
Figura 14. Relação entre a variação da NEEA e o período em anos entre as certificações.....	57
Figura 15. Relação entre a variação do volume elegível e o período em anos entre as certificações.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Frota brasileira de autoveículos leves (ciclo Otto)	25
Tabela 2. Histórico da participação do etanol hidratado no Ciclo Otto	28
Tabela 3. Diretório de rotas RenovaBio	31
Tabela 4. Mercado de CBios	35
Tabela 5. Variáveis disponibilizadas pela ANP referente a cada certificação	40
Tabela 6. Medidas resumo das NEEA's	47
Tabela 7. Resultado teste t <i>student</i> pareado	51
Tabela 8. Recertificações do RenovaBio das unidades produtoras de etanol entre 2019 e 2022	65

1. INTRODUÇÃO

O conceito de agronegócio é vasto e abrange diversas áreas. Em 1957, os professores John Davis e Ray Goldberg apresentaram uma definição em um estudo em Harvard, que o define como a soma total das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas. Essa definição inclui os fornecedores de produtos e serviços destinados às unidades produtoras, bem como a produção agrícola em si — do processamento à distribuição dos bens. Embora tenha sido criada há algum tempo, essa definição pode ser aplicada adequadamente ainda hoje. Além disso, apesar das mudanças pelas quais o agronegócio passou ao longo dos anos, as atividades relacionadas à produção primária, agroindústria e distribuição ainda fazem parte do processo.

Em 2021, o agronegócio movimentou 27,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e fechou o ano em 8,6%, segundo cálculo do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Esalq/USP em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) de 2022. É um setor que, por expandir suas vendas pelo mundo, gera divisas significativas, com *superávits* favoráveis à economia brasileira. Nesse sentido, possui potencial para crescimento ainda maior no médio e longo prazos (CNA, 2021).

Dentre as ramificações do agronegócio, têm-se a cana-de-açúcar, que está entre as principais produções agrícolas do país desde o período colonial. Assim, estabeleceu-se ao longo dos séculos como parte da cultura brasileira (RODRIGUES e ROSS, 2020). Nesse sentido, foram muitos os avanços que se deram ao longo desse tempo em relação ao seu cultivo e processamento.

Em séculos de história, aspectos políticos, econômicos e sociais, tanto internos quanto externos, foram extremamente relevantes para traçar a trajetória desse produto na cultura brasileira, em que diversos acontecimentos de magnitude relevante foram responsáveis pelos impactos socioambientais dessa atividade ao longo do tempo, desde o período colonial até a década atual.

Nos últimos anos, um assunto que se destacou no agronegócio é o desenvolvimento sustentável das atividades relacionadas ao cultivo e processamento de cana-de-açúcar. Em diversos fóruns, tem-se discutido como essas atividades podem ser conduzidas de maneira a trazer benefícios para a

sociedade sem prejudicar o uso dos recursos naturais do planeta pelas próximas gerações.

Nessa perspectiva, busca-se utilizar fontes renováveis como o etanol. O etanol é um dos principais produtos derivados da cana-de-açúcar. Ao compará-lo aos seus substitutos fósseis, ele se apresenta menos agressivo ao meio ambiente quando consumido. Além disso, possui potencial de alta participação na matriz energética brasileira. (UNICA, 2022). Esse biocombustível possui menor pegada de carbono e apresenta possibilidade de absorção de tecnologias sustentáveis em toda sua cadeia de produção e distribuição, podendo reduzir em 77% sua emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, quando comparado à gasolina A (consumida nos Estados Unidos da América), por exemplo.

Há redução de gases de efeito estufa em emissões a partir da queima de gasolina C, consumida internamente no Brasil. Ela é composta por 27% de etanol anidro. No etanol de primeira geração produzido da cana-de-açúcar, a redução é ainda maior (74%) , conforme evidencia a Figura 1 (California Air Resources board, 2023).

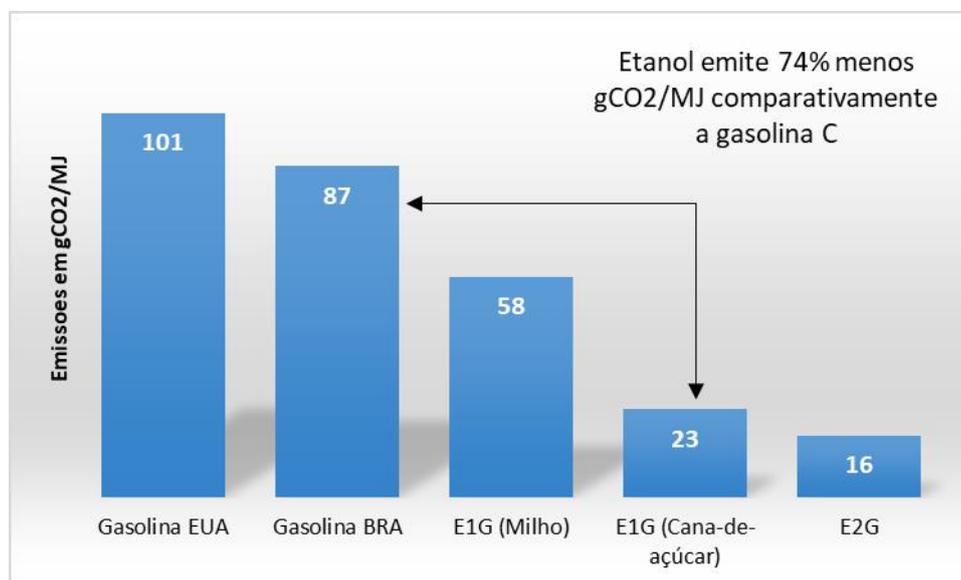


Figura 1. Emissões de CO₂ por fonte

Fonte: California Air Resources Board, Raizen e UBS

No Brasil, dentre os marcos relevantes sobre a produção do etanol, destaca-se a criação do Programa Nacional do Álcool (Próalcool) em 1975. Anteriormente, conhecia-se esse biocombustível como substituto da gasolina, porém, pouca importância era dada a ele. Por consequência de grandes variações de preço do

petróleo, recurso principal para a produção da gasolina, o governo criou esse programa, com o objetivo principal de estimular a produção do etanol através de incentivos fiscais e concessão de crédito a baixas taxas de juros, de forma a potencializar seu consumo. (CORTEZ, 2018).

Nesse cenário, com o crescimento da produção e o consumo do etanol, o cultivo de cana-de-açúcar para esse fim tomou proporções maiores em diversas regiões do Brasil. Nesse contexto, aumentou significativamente a produção de vinhaça, que era inicialmente lançada diretamente em corpos d'água, além da queima da cana-de-açúcar, e outras práticas prejudiciais ao meio ambiente. Desse modo, as questões ambientais passaram a ser mais abordadas ao longo dos anos. Medidas foram sendo implementadas e surgiram legislações que movimentaram o setor até o cenário atual, em que foi banida a queima da cana e substituída em sua maioria pela mecanização da colheita. Nesse sentido, a vinhaça passou a ser reutilizada na fertirrigação dos canaviais, a água reaproveitada nos circuitos internos das usinas e o bagaço começou a ser utilizado na geração de energia elétrica (RODRIGUES e ROSS, 2020).

Diante de tais fatos, é notável que mediante políticas públicas o setor sucroenergético passou a incorporar em seu processo etapas sustentáveis, pois era eminente a importância da responsabilidade socioambiental para a sobrevivência do setor sucroenergético no mercado interno e externo (LIMA & NEVES, 2022), tanto que, na última década, estabeleceu-se iniciativas nas agroindústrias de biocombustíveis em torno de *Environment and social governance* (ESG). Desse modo, nas organizações, englobou-se como pauta a governança socioambiental além do método de execução das iniciativas ESG com viabilidade econômica, mantendo a transparência em relação aos efeitos no meio ambiente e na sociedade (CEK & EYUPOGLU, 2020).

Nessa abordagem, inclui-se o segmento sucroenergético no Brasil. Nele, há muitos avanços a serem feitos para que se alcance um patamar exemplar no quesito responsabilidade socioambiental. No entanto, é um processo gradual que envolve diversos agentes atuantes nessa cadeia. Há a necessidade, por exemplo, da participação ativa do governo com legislações favoráveis.

Neste sentido, existe uma iniciativa que aborda as questões relacionadas à sustentabilidade do setor sucroenergético envoltas com políticas públicas: o

RenovaBio, Política Nacional de Biocombustíveis sancionada em 2017 pela Lei nº 13.576. Essa Política tem como objetivo aumentar a eficiência energética, promover a expansão dos biocombustíveis na matriz de transportes e reduzir as emissões de GEE — gases de efeito estufa — no processo produtivo. Além disso, visa, sobretudo, a comercialização e consumo dos biocombustíveis para o atendimento dos compromissos do Brasil assumidos no Acordo de Paris (AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2022).

O funcionamento dessa política ocorre primeiramente a partir da emissão de metas de descarbonização por instituição regulamentada. Posteriormente, elas são desdobradas aos distribuidores de combustíveis, conforme sua participação no mercado, que as cumprem através da obtenção de Créditos de Descarbonização (CBios). Uma vez cumpridas, entende-se que as emissões GEE's foram evitadas e que as metas estipuladas foram alcançadas. No segundo eixo, há a certificação voluntária dos produtores de biocombustíveis. Após o processo de certificação e utilizando a ferramenta Renovacalc, baseada na Análise de Ciclo de Vida (ACV) dos biocombustíveis, os produtores podem obter a Nota de Eficiência Energética (NEEA). A NEEA ao ser multiplicada pelo volume elegível de produção de biocombustível resulta na quantidade de CBios que o produtor pode emitir e comercializar aos distribuidores, concluindo o ciclo. As certificações são válidas por três anos, mas as unidades certificadas devem se submeter a monitoramentos anuais. Durante esses monitoramentos, os critérios de cálculo da NEEA e volume elegível são revisados. Se houver queda maior que 10%, a unidade certificada deve renovar a certificação antes desse prazo estabelecido. Além disso, a certificação também pode ser renovada a qualquer momento por opção da unidade certificada ou por sugestão da ANP, a agência reguladora do programa (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2022).

A política abrange em suas rotas todos os produtores e importadores de biocombustíveis, seja ele etanol de primeira e segunda geração, produzidos através de cana-de-açúcar ou milho, biodiesel, biometano e biocombustíveis de aviação. Desse modo, este estudo visa abordar o etanol combustível de primeira geração produzido a partir da cana-de-açúcar.

Tendo em vista tal funcionamento, é relevante destacar que, apesar de o objetivo principal do RenovaBio ser a descarbonização através da matriz de transportes do Brasil, sua política foi elaborada também para que os atuantes

cumpram exigências ligadas diretamente à responsabilidade ambiental do seu processo produtivo, como por exemplo, iniciativas de baixo carbono passíveis de avaliação e que podem ser consideradas para que os produtores de biocombustíveis se beneficiem em maior ou menor proporção. Outro ponto de destaque é o fato de que ele é presente para auxiliar o Brasil no cumprimento dos seus compromissos do Acordo de Paris e foi uma iniciativa das Organizações das Nações Unidas (ONU) em Conferência sobre as mudanças climáticas que é um dos tópicos abordados pela sustentabilidade.

Portanto, o RenovaBio está inserido no contexto da sustentabilidade no agronegócio pelo fato de que atua na descarbonização. Possui o objetivo de aumentar a participação dos combustíveis renováveis na matriz de transportes cuja produção ocorre em agroindústrias que utilizam a matéria-prima da cana-de-açúcar para esse fim. Dessa forma, as emissões das atividades agrícolas das unidades também são consideradas na avaliação.

Nesse contexto, a pesquisa deste trabalho visa responder a seguinte questão: “Como tem sido o desempenho do RenovaBio enquanto política promotora da eficiência energética ambiental e da redução de emissões de gases de efeito estufa, englobando a produção de etanol de primeira geração de cana-de-açúcar e a promoção do consumo desse biocombustível?”

Diante disso, o objetivo geral desta pesquisa é analisar a efetividade de indução de eficiência energética ambiental dessa política – vigente desde dezembro de 2019 –, com abordagem em iniciativas de baixo carbono, através de seus mecanismos, ferramentas e características frente à produção de biocombustíveis.

Nesse sentido, os objetivos específicos estão em, identificar, através de um estudo estatístico *t student*, o comportamento das NEEA's derivadas das certificações do RenovaBio nas usinas produtoras de etanol de primeira geração a partir de cana-de-açúcar e que já renovaram a certificação até dezembro de 2022, cuja operação ocorre na rota E1GC. Também se pretende compreender a abrangência do etanol biocombustível no mercado após a implantação da política.

Uma vez identificada a performance das usinas de etanol no RenovaBio e as características de mercado desse combustível, foi possível avaliar como tem sido a performance do RenovaBio nesses três anos de vigência. Destacou-se, portanto, se realmente houve redução das emissões por parte dessas unidades certificadas e

aumento da participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional que são seus principais objetivos para levar o Brasil a cumprir com os compromissos do Acordo de Paris.

Explorar essa temática sob essas abordagens é crucial para fornecer uma base de avaliação de políticas públicas ambientais no contexto sucroenergético. Quando uma iniciativa contempla instituições desenvolvedoras de atividades em diferentes naturezas dentro de um setor é necessário realizar adequações ao longo do processo para se alcançar um patamar benéfico a todos do ponto de vista econômico e socioambiental. É como uma corrente em que os elos precisam trabalhar em conjunto para se atingir um bom patamar.

A partir deste ponto, será apresentada uma breve discussão acerca da sustentabilidade e as mudanças climáticas, bem como os aspectos ambientais relacionados ao agronegócio e ao setor canavieiro. Além disso, será abordado o papel do etanol no mercado ao longo do tempo. Posteriormente, será apresentada uma discussão detalhada sobre o processo de implantação e funcionamento do RevovaBio, destacando as principais instituições envolvidadas e a construção do seu ciclo. Será discutido também o cenário da cadeia produtiva do etanol, enfatizando a importância da coordenação entre os agentes para a aplicação efetiva do RenovaBio. Finalmente, serão apresentados os materiais e métodos utilizados na pesquisa, os resultados obtidos e as considerações finais do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Mudanças climáticas

Quando se trata de sustentabilidade, surgem diversos aspectos relevantes, principalmente nas disciplinas de ecologia e economia. No entanto, ao consultar o dicionário Michaelis (2023), percebe-se que a palavra “sustentabilidade” é definida como qualidade, característica ou condição de ser sustentável, enquanto o termo “sustentável”, na mesma fonte, é definido como o que pode se sustentar. Em ecologia, as maiorias das discussões que envolvem tais expressões estão relacionadas com o meio ambiente e recursos naturais. Sua abordagem é cada vez mais relevante no contexto do desenvolvimento humano.

“O Desenvolvimento sustentável é aquele que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações em atender suas próprias necessidades” (Brundtland, 1987)

Gro Harlem Brundtland, ex primeira-ministra da Noruega e líder internacional em desenvolvimento sustentável pela ONU, participou da edição do relatório “*Our Common Future*” publicado pela ONU em 1987. Nele, unem-se o sustentável e o desenvolvimento, de forma a elucidar que é natural o mundo se desenvolver, tecnologicamente, economicamente e em termos de conhecimento, bem como em diversas outras esferas. No entanto, isso deve ocorrer de forma sustentável, pois é reconhecido que diversas iniciativas humanas demandam rigorosamente os recursos naturais da Terra como água, ar e biodiversidade, por exemplo.

Nesse sentido, para discutir esse conceito, é preciso dominar suas diversas definições que se relacionam com o tema. Frequentemente, a sustentabilidade é mencionada como uma forma de reduzir os impactos negativos que o ser humano causa aos recursos naturais. Contudo, diante dos avanços atuais, em que o tempo para combater essa questão é cada vez menor, seria mais efetivo focar em aumentar os impactos positivos concomitantemente (THIELE, 2016).

Ainda, sob uma perspectiva ética, a sustentabilidade é um propósito ou uma ideologia ascendente, em que a pessoa busca um esforço para se viver bem neste mundo cada vez mais complexo e escasso de recursos. Assim, esse conceito demonstra seus componentes éticos diante das reivindicações morais sobre as responsabilidades e obrigações de indivíduos e instituições. Embora raramente sustentabilidade seja rotulada de ideologia, a autora comenta que o conceito parece

se enquadrar na descrição, pois constitui um conjunto coerente de crenças e valores inter-relacionados que estabelecem como a vida coletiva pode ser mais bem organizada. Portanto, considera-se que a sustentabilidade é como uma ideologia predominante de nossos tempos, global em seu alcance e apelo.

As discussões acerca dessa temática estão presentes em diversas esferas, inclusive no mundo dos negócios, onde existem grandes organizações com impactos imensuráveis em algumas sociedades. Seus projetos são avaliados diante de três dimensões inter-relacionadas, conceitualmente abordadas em conjunto nos últimos estudos, principalmente aqueles voltados para a gestão ambiental nas organizações. Tais estudos englobam as esferas ecologia, economia e sociedade, evidenciadas pelo termo *triple bottom line*. Eles se baseiam no conceito do equilíbrio entre a relação homem-natureza e economia. A proposta advém da ideia de que o desempenho geral desta, deve ser definido com base em sua contribuição combinada para a prosperidade econômica, qualidade ambiental e capital social, de forma que utilize sistemas não poluentes, conserve energia e recursos naturais, seja economicamente viável além de seguro e saudável aos funcionários, comunidades e consumidores. Basicamente, lança a ideia de avaliação dos efeitos das atividades de uma organização sobre o meio em que ela atua (ZAK, 2015).

No Brasil, uma série de iniciativas estão presentes como contribuição para a sustentabilidade. Portanto, é relevante trazer o que diz a Constituição Federal Brasileira em relação a tal aspecto.

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. (Art 225 da Constituição Federal de 1988)

Embora a Constituição assegure esse direito, o país ainda enfrenta diversos problemas ambientais que desafiam sua efetiva implementação. A questão climática é um dos principais, pois dá origem a diversos outros problemas sociais e ambientais. Suas consequências nesse contexto podem ser catastróficas. Uma crise universal é o que a humanidade espera no futuro se as lideranças do século XXI se mantiverem negligentes em relação às questões não resolvidas. Desse modo, quem sofrerá as consequências serão as próximas gerações (Marcovitch, 2006)

As causas das mudanças climáticas estão relacionadas ao desequilíbrio do efeito estufa por ações antrópicas. Embora seja um fenômeno natural da Terra que

permite a manutenção da vida a partir de uma estabilidade entre a energia que entra na atmosfera através dos raios solares e a energia que sai, a ausência ou instabilidade desse equilíbrio resulta em acúmulo de calor na superfície da Terra, ao invés de ser liberado para o espaço (Armstrong, Krasny & Schuldt, 2018). Estudos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) publicados em 2018, apontam que, por esse motivo, a temperatura média global está subindo nos últimos anos, cerca de 0,2°C por década, chegando em 2017 a 1°C acima dos níveis pré-industriais. Nesse contexto, diversas são as consequências ao ser humano, sendo uma delas a observação cada vez mais frequente de eventos climáticos extremos ao redor do mundo, tais como furacões, tempestades, perda de biodiversidade e aumento do nível do mar.

Segundo os dados da *Agency of United States Environmental Protection*, os principais gases de efeito estufa são aqueles emitidos pelas atividades humanas que potencializam o aquecimento global: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (N₂O) e gases fluorados (gases F) nas proporções que demonstra a Figura 2.

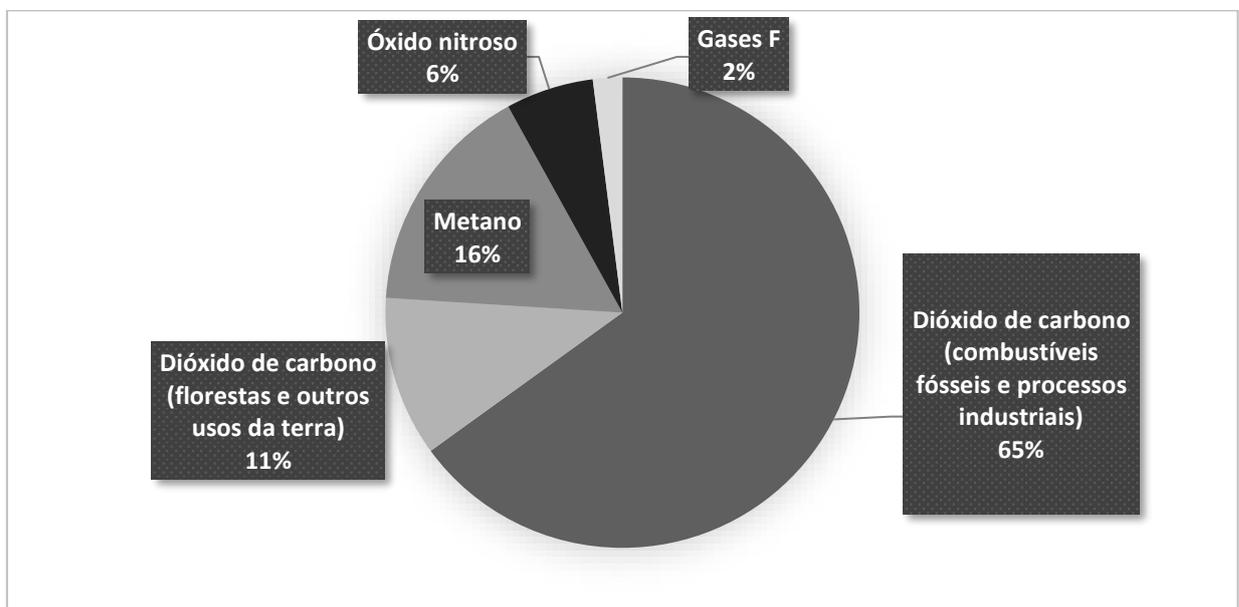


Figura 2. Emissões de gases de efeito estufa no mundo

Fonte: U.S Environmental Protection Agency, 2023

No Brasil, segundo o relatório da SEEG publicado em 2021, as emissões têm aumentado, especialmente no período de pandemia em 2020 em que houve elevação do desmatamento, sobretudo da Floresta Amazônica e do Cerrado. Esse

cenário é contrário ao compromisso assumido pelo Brasil e demais países do G20 na redução dessas emissões necessárias para cumprimento do Acordo de Paris de 2015, assinado por 195 países na cidade que lhe deu o nome, com o objetivo de reduzir as mudanças climáticas (ONU, 2015). O objetivo é que o aquecimento da Terra se estabilize em 1,5°C neste século. Para isso, o mundo precisa diminuir as emissões em 7,6% ao ano entre 2021 e 2030.

Face ao que foi exposto, esse contexto global de mudanças climáticas pode ser inserido no agronegócio. Desse modo, será abordada a questão ambiental dentro do contexto da agricultura brasileira, especialmente sobre o cultivo de cana-de-açúcar. Nesse cenário, o estudo sobre o etanol será ocasião de discussão dos resultados desta pesquisa. Assim, será possível discutir e relacionar esse tema de forma clara, com os conceitos expostos.

Diante dos tópicos evidenciados até o momento, nota-se o Brasil como um país que assumiu compromisso com os objetivos da Organização das Nações Unidas no que concerne ao clima. No entanto, como em diversas outras nações, principalmente aquelas que estão em desenvolvimento, existem obstáculos a serem superados para que o cumprimento das metas seja alcançado. A importância em se discutir a sustentabilidade está justamente na identificação desses desafios e como cada núcleo da sociedade pode trabalhar para mitigá-los (Marcovitch, 2006).

Dessa forma, no que tange à sustentabilidade, e tendo em vista o objetivo da reflexão acerca do RenovaBio neste material, é evidente que o agronegócio adentraria a essa discussão, justificado pelo fato de que seja um agente conector da sustentabilidade com a produção de etanol de cana-de-açúcar, cenário onde o RenovaBio atua.

2.2. Sustentabilidade no agronegócio

O agronegócio tem se consolidado nas últimas décadas hegemonicamente no Brasil, sendo sustentado por processos políticos e econômicos que transcendem a esfera nacional e que lhe permite taxas de crescimento significativas, mostrando-se como uma agenda de alto impacto econômico. Atualmente, corresponde a 27,6% do PIB brasileiro e foi um dos setores que menos sofreu retrações com a pandemia do Covid-19 (CEPEA, 2022).

O controle da inflação e a geração de divisas no comércio exterior são dois fatores primordiais na expansão do agronegócio e sua sustentabilidade econômica

ao longo dos anos. O primeiro ocorre pelo fato de que a produtividade agrícola tem se mostrado capaz de aumentar sem a necessidade de expansão de áreas de plantio, isso graças ao desenvolvimento tecnológico no manejo. Assim, os alimentos base, historicamente, não enfrentam aumento nos preços relativos, a não ser em ocasiões de crise econômica (Cepea, 2018). O segundo fator se mostra um ponto forte, evidenciando o Brasil internacionalmente ao longo dos últimos anos. Nos primeiros 11 meses de 2022, por exemplo, segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (2022), o país já tinha vendido 148,26 bilhões de reais com exportações do agronegócio, valor que se apresentou um recorde desde 1997.

Considerando tais fatos que apontam o Brasil como referência mundial no agronegócio, com destaque no que se refere a consumo de fertilizantes, investimentos de capital e abrangência significativa em áreas cultivadas (ABBADÉ, 2014), é notório que as discussões acerca da sustentabilidade no setor viessem à tona.

A agricultura, por um lado, é um ponto forte da economia brasileira, por outro, é um dos negócios cuja atividade possui potenciais danos ao meio ambiente. No entanto, uma série de soluções existem e são possíveis de serem aplicadas de forma a manter tal atividade sustentável do ponto de vista ambiental e social. Afinal, não se pode negar que as produções de alimento em grande escala são importantes para a subsistência dos países (ASSAD, MARTINS & PINTO, 2012).

Nesse sentido, destaca-se que o desafio é grande na agricultura em decorrência da quantidade de uso de fertilizantes, manejo das áreas agricultáveis e uso de áreas desmatadas. Ainda, eventos climáticos extremos também são negativos para essa atividade no que se refere à devastação das lavouras. De certa forma, portanto, é de interesse dos agentes dessa cadeia de produção tomarem tais iniciativas de desenvolvimento sustentável. Além dessas ações possibilitarem a redução de emissões, elas podem potencializar a produtividade agrícola.

Alroe *et al.* (2016) aponta que o desenvolvimento de uma agricultura sustentável é uma tendência, e é necessário acompanhar os mecanismos que podem promover a resiliência e a sustentabilidade de sistemas ecológicos, econômicos e sociais de forma a garantir a segurança alimentar e a saúde do ecossistema para as gerações futuras.

Da Costa (2017) discorre, em concordância, acerca do conceito da Agroecologia, concepção recente nas ciências agrônômicas, mas que veio à tona em decorrência da degradação dos recursos naturais que a chamada agricultura convencional moderna pode causar. Na Agroecologia, por sua vez, estuda-se a possibilidade de cultivos com eficiência produtiva e energética, respeitando os limites materiais do planeta, ou seja, seus recursos. Do ponto de vista social, visa distribuir melhor os alimentos e renda, promovendo o consumo de produtores regionais.

Robertson (2015) corrobora a ideia de que é possível produzir alimentos em quantidade suficiente para o bem-estar humano e ambiental sem comprometer a capacidade das gerações futuras de fazer o mesmo. No entanto, é necessária uma união da pesquisa inovadora com políticas públicas e incentivos apropriados.

2.3. Mecanismos sustentáveis na produção e processamento de cana-de-açúcar

O setor sucroenergético, voltado ao cultivo de biomassa para produção de combustível, foi incluso no debate sobre questões relacionadas à sustentabilidade ambiental, econômica e social. Essas questões podem estar ligadas ao manejo de resíduos, à expansão da terra e aos impactos na biodiversidade, nos recursos hídricos, nos solos, às questões trabalhistas, bem como aos efeitos regionais. É necessário entender se as atividades estão dentro do esperado e se podem potencializar o crescimento sustentado do setor, que já é protagonista de muitos projetos nesse sentido, incluindo o Renovabio (SILVA 2019).

A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para produção de açúcar e etanol. Por isso, seu cultivo é relevante na esfera do agronegócio, principalmente em países tropicais, onde nas últimas décadas expandiu-se por conta do incentivo à produção e consumo dos biocombustíveis (AGUILAR-RIVERA, 2022)

No Brasil, o plantio de cana é tradicional desde a colônia brasileira, quando existiam os grandes engenhos para a produção de açúcar. Ao longo dos séculos, ocorreram muitas mudanças e adequações nesse processo. Atualmente, há muitas inovações, com uma série de tecnologias limpas, que tornaram o processo de produção de açúcar melhor sob o ponto de vista sustentável. Além dessas inovações, desde a consolidação do cultivo e moenda de cana-de-açúcar em solo brasileiro, muitos fatores condicionaram sua expansão e retração, entre eles,

aspectos econômicos, políticos, nacionais e internacionais que provocaram impactos socioambientais positivos e negativos. Desse modo, o que antes era agroindústria do açúcar, transformou-se em sucroalcooleira, e posteriormente em agroindústria sucroenergética. (RODRIGUES e ROSS, 2020)

Nesse sentido, no momento em que se instaurou o Próalcool e a produção de etanol tomou proporções nunca vistas antes, um problema ambiental se manifestou devido à má destinação da vinhaça nas regiões canavieiras. Desse modo, houve proibições no despejo desse efluente em corpos d'água. Portanto, desenvolveu-se a fertirrigação nos canaviais, tornando-se viável por requerer baixo investimento e custo de manutenção, possibilitando eliminação de grandes quantidades desse composto, além de complementar a fertilização mineral no cultivo da cana-de-açúcar e proporcionar, em alguns casos, aumento no açúcar total recuperável (SOUZA et al, 2015).

Outro avanço nessa esfera foi a adoção da colheita mecanizada. Depois de décadas de práticas de queimadas nos canaviais, um cenário insustentável por muito tempo do ponto de vista ambiental, emergiram no mercado as colhedoras de cana e a tecnologia de georreferenciamento da colheita. Essas tecnologias permitiram que se colhesse cana crua, mas antes as estruturas agrícolas das usinas tiveram que passar por uma série de adaptações. Desse modo, sob o ponto de vista ambiental foi um avanço significativo, com reduções nas emissões de poluentes na atmosfera; sem contar o aumento eficiência do processo nessas usinas (TORQUATO, 2013)

Um outro elemento significativo nesta discussão é acerca da destinação correta do bagaço, um resíduo da cana-de-açúcar que representa 30% da sua massa vegetal. Trata-se de um volume significativo nas usinas, demandando muito espaço de armazenamento, além de altos custos com o transporte para devolvê-lo ao campo (DEBOLETTA, 2008). Contudo, desde que se descobriu que ele pode ser um potencial combustível para as caldeiras, passaram a utilizá-lo como subproduto capaz de aumentar a capacidade energética das usinas. Em alguns casos, houve a obtenção de receita devido à comercialização do excedente não utilizado pela planta industrial (VIVIAN et al, 2022).

Diante desse cenário, é possível observar o modo como o setor vêm se adequando com o passar do tempo. Há boas iniciativas na agricultura como um todo

para o aumento da produtividade e redução do uso de insumos, favorecendo a vida útil do solo. Dentre elas, destacam-se o plantio direto, manejo integrado de pragas e rotação de culturas. Diante desse contexto, o mercado consumidor final ou de *comodities* está atento em avaliar esses quesitos. Desse modo, um dos meios de realizá-lo é mediante a certificação dessa produção (TELLES et al., 2021).

2.4. Etanol

Na redução de GEE's, têm-se o etanol, um biocombustível produzido através da cana-de-açúcar ou milho, que teve sua relevância no mercado evidenciada a partir do Programa Nacional do Álcool, popularmente conhecido como Próalcool, conforme citado anteriormente. Esse programa foi criado em novembro de 1975, com o objetivo de incentivar a produção de etanol de forma a aumentar a participação desse biocombustível na matriz de transportes (BRAY, FERREIRA e RUAS, 2000). Até aquele momento, o Brasil se encontrava na posição de produtor de etanol etílico em pequena escala, apenas para utilização na indústria alimentícia, farmacêutica e hospitalar (KLOSS, 2012)

Com a implementação do Próalcool, aumentou-se a participação do etanol na gasolina como uma tentativa de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, houve também o desenvolvimento de veículos *flex* após uma melhoria nos motores veiculares de ciclo Otto a partir de 2003 (FRISCHTAK e BELLUZZO, 2014) que potencializaram o consumo do biocombustível. Assim, mesmo depois do fim do Próalcool, junto com a queda do regime militar no Brasil, as políticas públicas de incentivo a esse mercado continuaram (CORTEZ, 2018)

Em 1986, Nikolaus August Otto criou o motor Ciclo Otto, onde um determinado gás realiza transformações termodinâmicas que resulta em funcionamento de veículos, turbinas e equipamentos para aquecimento ou refrigerações. Nos casos dos motores veiculares, o gás que o faz funcionar é a mistura de ar e combustível que passa por quatro estágios da termodinâmica, sendo eles: admissão, compressão, combustão e escape (BRUNETTI, 2018). Essa tecnologia foi uma grande descoberta e, até hoje, após diversas inovações, é utilizado nas mais diferentes aplicações, sendo uma delas a matriz de transporte da maior parte das nações ao redor do mundo (SALOMÃO, 2018).

Esse modelo de motor está presente na maior parte da frota nacional. A frota brasileira de veículos com motores ciclo Otto no Brasil é evidenciada na Tabela 1,

onde se observa que, na década entre os anos de 2010 e 2020, o número de veículos leves *Flex Fuel* teve um aumento.

Tabela 1. Frota brasileira de autoveículos leves (ciclo Otto)

Ano	Frota Total	Flex Fuel	Gasolina	Etanol	Elétrico
Número de Veículos					
2010	27.058.723	12.244.937	13.455.428	1.358.358	-
2011	29.160.425	14.944.734	12.995.272	1.220.419	-
2012	31.410.752	17.895.425	12.421.215	1.093.995	117
2013	33.513.236	20.772.995	11.761.194	978.439	608
2014	35.307.138	23.328.161	11.104.282	873.232	1.463
2015	3.622.434	25.030.412	10.413.865	777.768	2.295
2016	36.557.411	26.172.750	9.689.901	691.398	3.362
2017	36.967.759	27.365.821	8.981.826	613.493	6.619
2018	37.542.095	28.669.505	8.318.551	543.449	10.590
2019	38.187.660	30.002.509	7.682.221	480.618	22.312

Fonte: Unica, 2022

Em números apresentados pela Fapesp (2016), a produção de etanol na safra 1976/1977 foi de 555 milhões de litros, já na última safra 2022/2023 a produção, segundo a CONAB (2022), foi de mais de 31 bilhões de litros. Assim, a frota cresceu e, conseqüentemente, a produção e consumo do biocombustível aumentaram. Em 1988, segundo a Fapesp 62% da energia utilizada no estado de São Paulo era proveniente do petróleo, já em 2013, essa participação caiu para 38%, evidenciando o ganho de mercado dos biocombustíveis.

A Figura 3, com base em dados disponibilizados pela Única (2023), apresenta o volume de etanol hidratado vendido no Brasil, evidenciando seu crescimento entre 2000 e 2020.

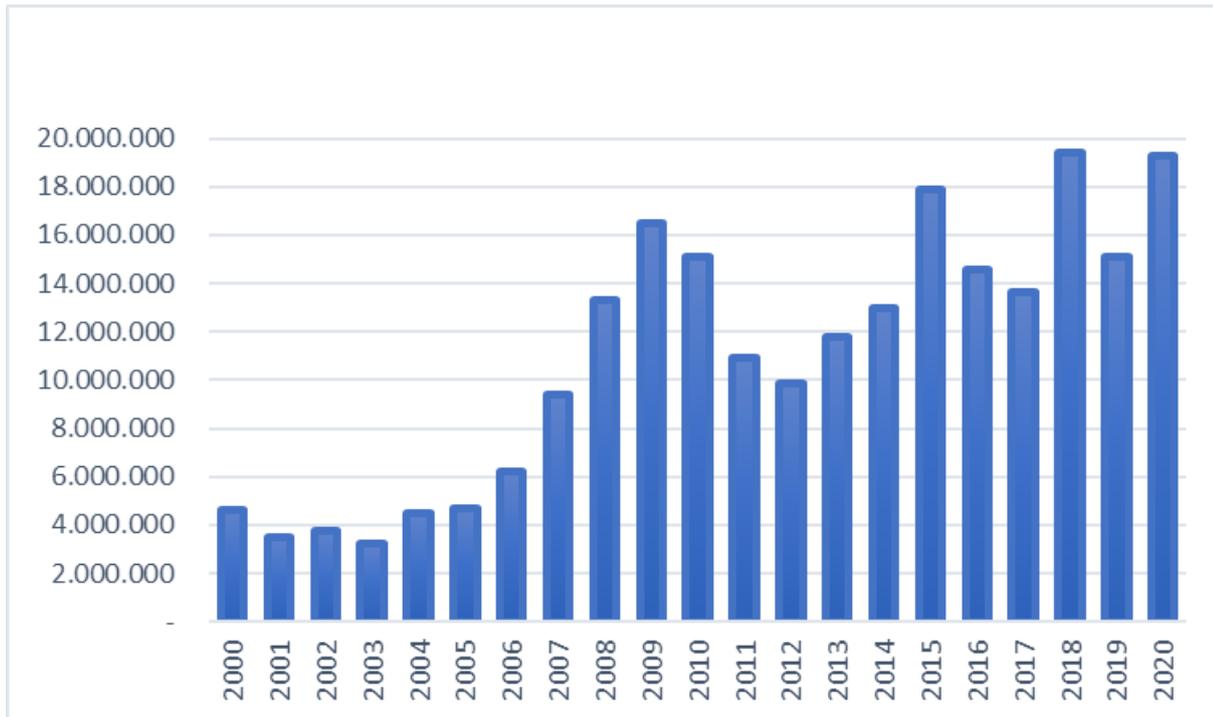


Figura 3. Volume de Etanol Hidratado vendido no Brasil

Fonte: Elaborado pela autora com dados da ÚNICA

O interesse no etanol e demais biocombustíveis — em termos de processo produtivo e consumo — aumentou devido sua menor emissão de carbono na atmosfera comparada aos seus fósseis substitutos. No caso do etanol, sua utilização nos motores permite uma combustão mais limpa, além de sua matéria-prima ser renovável (PEREIRA et al., 2020; ÚNICA, 2022).

Em 2022, a *International Agency of Energy* (IAE) apontou o surgimento de iniciativas internacionais em favor dos biocombustíveis. Dentre elas estão, a aprovação de uma Lei nos Estados Unidos para redução da inflação que inclui biocombustíveis, a maior mistura de etanol na Índia, bem como os padrões de incentivo ao baixo carbono apresentados pela nação americana e pelo bloco da União Europeia, todas apoiando essa demanda.

O Brasil, o segundo maior produtor de etanol do mundo, possui vantagens na produção de etanol frente a diversas outras nações. Isso devido à grande quantidade de terras agricultáveis. São mais de 90 milhões de hectares que ainda não foram exploradas conforme apontam Peres, Junior e Gazzoni (2005). Nessa área, é possível a prática de agricultura de energia sem prejudicar a produção de alimentos. Além disso, o país conta com o domínio pioneiro da tecnologia necessária nesse processo produtivo e dispõe de características climáticas que favorecem a

produção de cana-de-açúcar e milho, principais matérias-primas do etanol atualmente (RENEWABLE FUELS ASSOCIATION, 2022).

Desde o início do mercado de biocombustíveis no Brasil, as políticas públicas estão presentes e fundamentadas no avanço dessas transações (SOARES e ZUKOWSKI JUNIOR, 2021). Após décadas, o mesmo cenário continua presente e se encontra em evidência em função da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) que será abordada no item 2.5.

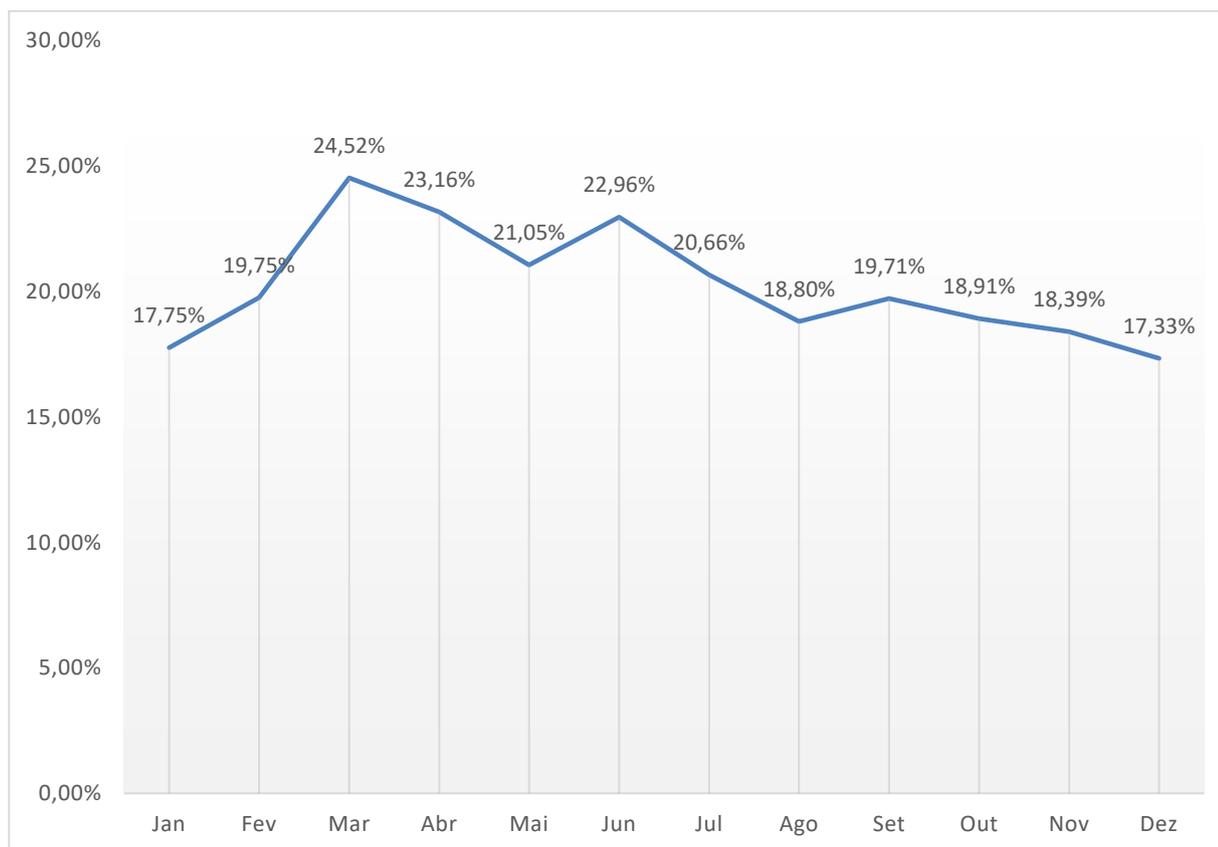
No que tange aos efeitos do RenovaBio no consumo do etanol, pode-se observar através dos dados da Tabela 2 que sua participação no Ciclo Otto reduziu entre 2010 e 2011. No entanto, nos anos que se seguiram, esse indicador se recuperou e retomou crescimento. Em 2018, houve o aumento da participação nos níveis comparados com 2010. Esse cenário melhorou e os níveis seguiram crescendo até 2020. Contudo, em 2020, houve queda nessa participação novamente, mas nesse segundo cenário o RenovaBio já estava em funcionamento, de forma que esperava-se uma retomada de situação mais rápida e melhor.

Em relação a essa queda, alguns aspectos podem justificá-la, como por exemplo a situação de pandemia Covid-19 em que os hábitos dos consumidores mudaram completamente. Nessa perspectiva, a situação continuou a piorar. No entanto, houve melhorias a partir de 2022 cujos efeitos da pandemia eram menores e as atividades econômicas tiveram significativa recuperação (Figura 4).

Tabela 2. Histórico da participação do etanol hidratado no Ciclo Otto

Ano	Participação do etanol hidratado no Ciclo Otto
2022	20,16%
2021	23,02%
2020	27,34%
2019	29,28%
2018	26,13%
2017	17,78%
2016	19,18%
2015	23,31%
2014	17,01%
2013	16,57%
2012	14,80%
2011	17,69%
2010	26,12%

Fonte: Elaborada pela autora com dados da ÚNICA, 2022

**Figura 4.** Participação do Etanol no Ciclo Otto 2022

Fonte: elaborado pela autora com dados da ÚNICA, 2023

2.5. Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)

2.5.1. Implantação

Os tópicos abordados até essa seção tratou-se de uma contextualização para o entendimento ao que se refere à Política Nacional de Biocombustíveis, o RenovaBio, que foi sancionada em 2017 a partir da necessidade de atuação brasileira no combate às mudanças climáticas, que se confirmou após a 21ª Conferência das Partes (COP21), realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, onde foi assinado o Acordo de Paris. Nesse contexto, o Brasil assumiu o compromisso de reduzir as emissões de GEE em 43% aos níveis de 2005 até 2030 (EPE, 2017) e, para que a meta seja alcançável, outras submetas foram vinculadas a essa, como aumento em 45% da participação da energia de fonte renovável na matriz energética nacional, redução do desmatamento ilegal, obtenção de 10% de eficiência no setor elétrico, aumento do uso de tecnologias limpas nas indústrias, promoção eficiente de iniciativas em infraestrutura no transporte e áreas urbanas, além de aumento da participação dos biocombustíveis em 18% na matriz energética nacional (Almeida, 2020).

Art. 1º Fica instituída a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), parte integrante da política energética nacional de que trata o art. 1º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, com os seguintes objetivos:

I - Contribuir para o atendimento aos compromissos do País no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima;

II - Contribuir com a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis, inclusive com mecanismos de avaliação de ciclo de vida;

III - Promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; e

IV - Contribuir com previsibilidade para a participação competitiva dos diversos biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis.

(Constituição, 2017).

Conforme evidencia o texto da Política Nacional de Biocombustíveis em seu artigo primeiro em referência aos objetivos na Constituição Federal (2017) e o Ministério Brasileiro de Minas e Energia (MME, 2022), trata-se de uma política para expandir a produção de biocombustíveis de forma que esse mercado absorva características de previsibilidade e sustentabilidade ambiental, além de incentivo econômico aos agentes e sociedade. As expectativas na ocasião de criação era favorecer o diálogo do governo com a iniciativa privada e incentivar as tecnologias

para produção e criação de novos biocombustíveis, tudo para contribuir com a diminuição de GEE. Em resumo, o Renovabio é uma inspiração do programa *Low Carbon Fuel Standard* (LCFS) da Califórnia que foi implementado em 2011 (ARGUS, 2019).

O processo de implementação ocorreu inicialmente em 2016, momento em que havia muitas incertezas. Os agentes envolvidos não sabiam ao certo como ele funcionaria. A primeira etapa foi uma consulta pública no início de 2017, de forma a definir quais seriam as metas do programa. Foi deliberado, portanto, um Grupo de Trabalho (GT) *RenovaBio*, que tinha como missão principal avaliar as propostas necessárias para a implementação. Em junho de 2017, foi encaminhado à Casa Civil, onde o projeto de lei passou pelos trâmites até ser aprovado pelo Senado Federal e pelo então presidente da república Michel Temer em dezembro de 2017. O decreto que regulamentou o Renovabio foi assinado em 14 de março de 2018 e publicado no Diário Oficial da União em 15 de março de 2018 (MME, SECRETARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2022)

2.5.2. Funcionamento

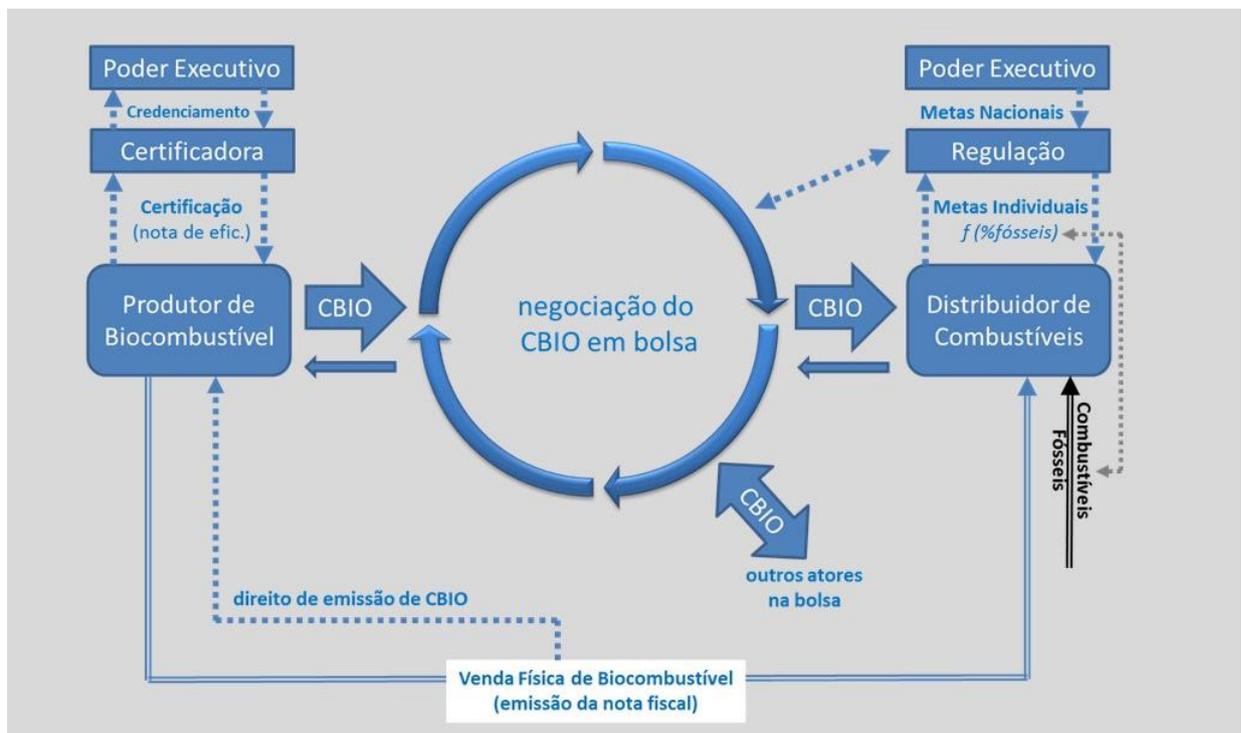
De forma a externalizar o funcionamento da política passo a passo, é relevante mencionar que ela envolve uma série de *players* atuantes na cadeia dos biocombustíveis, desde os produtores, passando pelos distribuidores, até as demais empresas de consultoria no papel de auditoras e firmas inspetoras, instituições bancárias, poder público, entre outras (Figura 5). No que tange às usinas produtoras de biocombustíveis, o *RenovaBio* conta com diferentes rotas, conforme exposto na Tabela 3.

Tabela 3. Diretório de rotas RenovaBio

Sigla	Descrição do Biocombustível
E1GC	Etanol combustível de primeira geração produzido a partir de cana-de-açúcar
E1G2G	Etanol combustível produzido em usina integrada
E2G	Etanol combustível de segunda geração
E1GFlex	Etanol combustível de primeira geração produzido a partir de cana-de-açúcar e milho em usinas integradas
E1GM	Etanol combustível de primeira geração produzido a partir de milho
E1GMI	Etanol combustível de primeira geração produzido a partir de milho importado
Bioquav	Bioquerosene parafínico sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (SPK-HEFA) de soja
	Biodiesel
	Biometano

Fonte: Elaborado pela autora com base em ANP, 2023

Sendo o objetivo principal aumentar a participação de etanol na matriz energética, é preciso que o RenovaBio estimule a produção desse biocombustível, um dos principais propósitos do programa.

**Figura 5.** Funcionamento do RenovaBio

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2020

O funcionamento do RenovaBio, esquematizado na Figura 5, acontece através de um ciclo, onde em primeira parte a ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis define metas compulsórias aos distribuidores nacionais e individuais com base em sua participação de combustíveis fósseis no mercado do ano anterior. Os distribuidores devem então cumprir tais metas, adquirindo os Créditos de Descarbonização (chamados CBios) — onde cada um corresponde a 1 tonelada de CO₂ não lançada na atmosfera — que serão emitidos pelos produtores ou importadores de biocombustíveis de acordo com a intensidade de carbono no Ciclo de Vida de seu produto (CASTILLA, 2018).

Os CBios também podem ser comercializados a outros *players* do mercado por ser um ativo negociado em bolsa, o que favorece sua consolidação no mercado por proporcionar liquidez. No entanto, para que as metas dos distribuidores sejam cumpridas, o CBio adquirido por essas instituições deve ser aposentado e não comercializado novamente (B3, 2022).

Por sua vez, os produtores e importadores possuem participação voluntária. Uma vez aderida a participação, devem se submeter a auditorias de certificação realizadas através de firmas inspetoras reconhecidas pela ANP para então serem autorizados a emitir os CBios e depositá-los em bolsa para comercialização. Tal processo de certificação tem validade de 3 anos e consiste basicamente em uma Análise do Ciclo de Vida (ACV) através da RenovaCalc — ferramenta disponibilizada e regulamentada pela ANP — resultante em uma Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) que multiplicada à quantidade elegível produzida de biocombustível definirá o quanto de CBios tal unidade pode então emitir, o que está diretamente ligado aos seus ganhos financeiros (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2021).

A metodologia da RenovaCalc, conforme mencionado, é baseada na Análise do Ciclo de Vida (ACV) do biocombustível. O processo nas usinas de cana-de-açúcar é dividido em 2 fases, a agrícola e industrial. Na fase agrícola, caso haja dificuldades de rastreio da matéria-prima, a usina em questão é penalizada na nota a fim de incentivar a busca pela rastreabilidade de todos os processos. A NEEA (Nota de Eficiência energético-ambiental) é diferente para cada produtor/importador, pois reflete suas particularidades de operação. Desse modo, ela vai ser maior quanto menores são as emissões de CO₂ no ciclo de vida do biocombustível produzido. Assim, o ganho da unidade vai ser maior, quanto maior for a NEEA e

quanto mais perto de 100% for o volume de produção elegível para geração de CBios (DE FIGUEREDO, 2018).



Figura 6. Funcionamento da Renovacalc
Fonte: EMBRAPA, 2020

A NEEA é dada em gramas de carbono equivalente por MJ (megajoule) e seu cálculo se baseia na diferença entre a intensidade de carbono da gasolina, principal fóssil substituto do etanol, e a do carbono no processo produtivo do biocombustível, que abrange as áreas agrícolas e industriais. Portanto, todas as emissões durante o processo de produção do biocombustível estão envolvidas nesse cálculo, como a utilização de insumos (defensivos agrícolas para combate de pragas e químicos utilizados na indústria), combustíveis de toda a frota do maquinário agrícola e demais veículos, eletricidade, queima de biomassa, entre outros. Desse modo, quanto menor as emissões de CO_{2eq}, maior será a NEEA (MME, 2020).

Os critérios de elegibilidade do volume de produção são relativamente mais simples, pois se baseiam em três pilares, exposto por Nova Cana (2018). O primeiro deles está relacionado à origem da matéria-prima certificada, não podendo ser de área desmatada após dezembro de 2017. No segundo critério, o status do Cadastro Ambiental Rural (CAR) deve estar ativo ou pendente. Ele trata-se de um registro público obrigatório nas propriedades rurais e tem por objetivo reunir as informações

ambientais referente ao *status* ambiental da referida propriedade, como as áreas de preservação permanente (APP's), reserva legal, florestas, remanescentes de vegetação nativa, uso restrito e posse pública (BNDES,2017). A ausência do CAR ou seu cancelamento vetam a participação das usinas e produtores de cana-de-açúcar no RenovaBio. Um terceiro critério eliminatório é o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar. Esse é um instrumento governamental que visa promover a gestão de riscos agrícolas, orientando o produtor sobre o melhor momento de semeadura, plantio, entre outras medidas que visam reduzir as perdas agrícolas (EMBRAPA, 2023).

O monitoramento anual é uma ferramenta relevante no processo de fiscalização do RenovaBio. Uma vez certificados, as unidades produtoras e os importadores possuem seu certificado válido até três anos, porém devem se submeter a um acompanhamento que vai delimitar algumas diretrizes importantes, sendo uma delas o rastreamento da NEEA e volume elegível. Caso um desses critérios tenham sofrido queda maior que 10%, há obrigatoriedade em se realizar nova certificação pois, nesse caso, há alteração nos critérios de emissão de CBios (ANP, 2020).

A ANP enfatiza que a renovação da certificação pode acontecer por mais outros dois motivos: quando o produtor ou importador considerar relevante, ou por determinação da ANP, quando for comprovada a alteração dos parâmetros que deram origem à NEEA vigente.

É importante salientar de onde vem a descarbonização em todo esse processo. Segundo a ANP (2022), o distribuidor, para que tenha sua meta amenizada, precisa comercializar menos fósseis e mais biocombustível. O esperado é que ele repasse esse valor desembolsado nos CBios no preço do fóssil, visto que ele deve aposentar o crédito e não vendê-lo novamente, o que o ajudaria a ter mais aceitação no biocombustível e ser beneficiado no próximo ano. Esse método tem efeito direto na escolha do consumidor que tende a optar pelo produto mais acessível. Desse modo, as empresas repassam esse custo de alguma forma ao consumidor final.

2.5.3. Abrangência e percepções acerca do RenovaBio

No que se refere à comercialização de CBios, a União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia - UNICA (2023) apontou que, em 2020, primeiro ano em que

o RenovaBio estava em vigor, foram aposentados 14,5 milhões de CBios, (Tabela 4), não sendo suficiente para cumprir as metas do ano. Já em 2021, o cenário vislumbrou melhora, sendo aposentados mais de 24,4 milhões de CBios. Em 2022, até final do ano, os indicadores do observatório da cana da UNICA apontaram que foram aposentados apenas 16,8 milhões de CBios (Tabela 4). No entanto, a Nova Cana (2022) relatou que o prazo para as distribuidoras cumprirem as metas de 2022 se estenderá até 30 de setembro de 2023.

Em julho de 2022, foi assinado o decreto Nº 11.141 que altera o de Nº 9.888 e estipula que a partir dos próximos anos as distribuidoras terão até março do ano subsequente para aposentar os CBios para cumprir as obrigações determinadas pelas metas. Excepcionalmente em 2022, o prazo foi maior devido à emergência enfrentada pelo Brasil em decorrência da instabilidade do preço do petróleo, combustíveis e seus derivados (NOVA CANA, 2022).

Tabela 4. Mercado de CBios

Ano	Preço máximo (R\$)	Preço Médio (R\$)	Preço Mínimo (R\$)	Volume de Cbios aposentados
2020	72,00	43,30	15,00	14.609.067,00
2021	66,00	39,31	26,75	24.406.585,00
2022	209,50	111,65	31,99	16.824.904,00

Fonte: elaborado pela autora com dados da UNICA

Santos e Rodrigues (2020) estudaram acerca da complexidade da comercialização das usinas que, após a certificação do RenovaBio, passaram a ter mais os CBios em seus portfólios além do etanol, açúcar e bioenergia. Os autores discutiram em torno da necessidade de planejamento eficiente das usinas, no que se refere à tomada de decisões em relação às estratégias de direcionamento de Mix de produção, além de comercialização de açúcar, etanol e CBios. Concluíram que uma série de medidas envolvendo diferentes parâmetros, variáveis e interrelações são necessárias para potencializar suas receitas e atuar entre os melhores em estratégias eficientes de produção, comercialização e armazenagem ao longo da safra.

Dessa forma, refletindo acerca das mudanças que o RenovaBio promove no cenário econômico, é possível apontar algumas observações sobre as expectativas

desse programa. Ele ainda, por exemplo, passa por readequações em virtude de estar em vigor a pouco mais de três anos. Lotta (2019) discorre sobre a implementação de políticas públicas quando o processo de implementação de um programa ou política pública depende de um certo número de elos numa cadeia, principalmente quando esses elos representam instituições privadas. Desse modo, há uma necessidade de cooperação entre as partes envolvidas.

Assim, o processo de implementação pode ser uma continuação da formulação, envolvendo flexibilizações e adequações, de maneira que englobe um contínuo processo de interação e negociação ao longo do tempo. Esse modelo se caracteriza dessa forma pois, na realidade, o que existe não é um processo acabado, mas sim um contínuo movimento de interações entre uma política em mudança, uma estrutura de relações de grande complexidade em um cenário exterior, caracterizado por uma dinâmica cada vez mais acelerada (LOTTA, 2019).

Nesse sentido, uma abordagem que tornou o RenovaBio uma política aderida pelos agentes do setor foi a própria participação dos *stakeholders*, denominados grupos de interesse na formulação da política. Lazaro e Thomaz (2021) discutiram acerca desse ponto evidenciando que participaram dessa política predominante das entidades de classe e empresas ligadas ao setor de energia e biocombustíveis.

Diante do explorado até o momento, é possível observar que o RenovaBio é uma política e como toda política, precisa ser aceita pelas partes envolvidas, ou seja, exige consciência e comprometimento dos *stakeholders*, já que envolve aspectos econômicos importantes. No entanto, não se trata de uma dificuldade pois o próprio processo de regulamentação da política acontece com a participação desses grupos. No caso do RenovaBio, trata-se de produtores e importadores de biocombustíveis, firmas inspetoras, empresas de consultoria, distribuidoras de combustível, instituições financeiras e demais órgãos governamentais.

2.5.4. RenovaBio como mecanismo de coordenação entre os agentes da cadeia do etanol

O RenovaBio apresenta o mecanismo de integração. Trata-se, portanto, de uma política cuja exigência é que os agentes se articulem entre si. Um exemplo dessa situação é a relação entre os fornecedores de matéria-prima e as usinas processadoras de cana-de-açúcar. Como o processo de certificação para o

RenovaBio exige análise do CVP, é evidente que as usinas busquem a colaboração de seus fornecedores para que possam ter rastreabilidade da produção e consigam mais chances de elevar sua NEEA. Isso ocorre também no volume elegível da produção, no qual pode gerar mais ganhos ao final do processo. Uma vez que os fornecedores independentes de matéria-prima tenham que se adequar a certas exigências da política, é natural que solicitem parte dos ganhos que a usina obteve. Essa situação é um contexto ainda não resolvido em sua integralidade entre esses dois lados, mas há uma oportunidade muito relevante de articulação, diálogo e até uma oportunidade de contrato eficaz que proporcione satisfação às duas partes (UDOP, 2021).

Outra situação presente no funcionamento do RenovaBio está no que tange a um relacionamento mais distante das usinas com as empresas distribuidoras de combustível do que a primeira situação citada. Por outro lado, em um contexto em que essas duas partes se relacionassem com proximidade, pode ser atrativo, pois as distribuidoras são a demanda obrigada e as usinas a oferta voluntária. Esse fato em algumas situações, pode ser um ponto causador de problema mercadológico. É possível observar que um mercado não funciona se não houver oferta e, como as distribuidoras possuem metas compulsórias definidas por órgãos governamentais, é imprescindível que consigam comprar os CBios e conseqüentemente cumpram tais metas, o que não é possível se não houver usinas certificadas que emitam os CBios suficientes (NOVA CANA, 2017).

Dessa forma, é possível observar o quão importante se faz uma articulação entre os agentes de um sistema agroindustrial para o bom funcionamento de uma política que pode proporcionar ganhos de competitividade e desenvolvimento sustentável a todos os envolvidos.

Desse modo, é relevante discorrer acerca de como o sistema agroindustrial de produção do etanol possui oportunidades de desenvolvimento. Ele conta com uma capacidade de relação entre os *players*. Assim, o fator geográfico é essencial nessa coordenação, visto que a cultura de cana-de-açúcar se inviabiliza diante de longas distâncias entre os fornecedores e as usinas. Há também os contratos relacionais, muitas vezes estruturados por relações amigáveis entre as empresas. Desse modo, constrói-se um contexto favorável para negociações, além de uma

política recém implementada como o RenovaBio que proporciona ainda mais oportunidades de interação (CURY et al, 2018).

Assim, observar como tem sido essa interação e quais iniciativas favoráveis ao desenvolvimento sustentável, com elevação da NEEA, comercialização de CBios e descarbonização da atmosfera, tem derivado desses relacionamentos e se faz relevante como em todo processo de monitoramento. Em suma, o objetivo final é promover a redução de emissões e o aumento da participação dos biocombustíveis na matriz de transporte nacional.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo avalia a Política Nacional de Biocombustíveis, o RenovaBio, enquanto indutora das iniciativas de desenvolvimento sustentável e descarbonização em usinas fabricantes de etanol. Além disso, busca o entendimento da efetividade da política com base nos dados de recertificação nessas unidades.

O RenovaBio em si abrange todo o mercado de biocombustíveis, incluindo etanol da cana e de milho, biodiesel, biometano e bioquerosene de aviação. No entanto, foram consideradas neste estudo somente as unidades produtoras de etanol de primeira geração da cana-de-açúcar. Essa seleção foi porque o etanol é um dos biocombustíveis mais relevantes do mercado. Além disso, as unidades de produção que já passaram pela renovação da certificação correspondem a 70% (ANP, 2022).

Para tanto, fez-se a pesquisa bibliográfica para construir um referencial teórico substancial que desse consistência ao estudo, norteando a coleta de dados. A revisão de literatura, segundo o que aponta Brizola e Fantin (2016) é essencial para desenvolvimento da análise crítica do autor da produção científica. Além disso, possibilita a identificação de lacunas, consensos e controvérsias sobre o tema de pesquisa, possibilitando a inserção do objeto em um cenário novo, onde ainda não foi explorado, o que indiretamente pode trazer relevância ao estudo.

Posteriormente, realizou-se a pesquisa quantitativa que, segundo Creswell (2007), trata-se do desenvolvimento de experimento com coleta de dados quantitativos, que possibilita ao pesquisador investigar um conjunto de variáveis através de análise estatística e obter medidas ou observações para testar uma teoria.

3.1. Coleta de dados

Na seleção dos dados, utilizou-se de um painel de informações obtidas através do endereço eletrônico da Agência Nacional de Gás e Petróleo (ANP), reguladora do RenovaBio no Brasil, que disponibiliza as principais informações de cada certificação em banco de dados no *Microsoft Excel* (Tabela 5).

Tabela 5. Variáveis disponibilizadas pela ANP referente a cada certificação

Descrição das variáveis
Razão Social - Cidade - UF
CNPJ
Número do processo de certificação
Biocombustível
Rota
Nota de Eficiência Energético-Ambiental (gCO ₂ eq/MJ)
Volume elegível (%)
Fator para emissão de CBIO (tCO ₂ eq/L) *
Litros/CBIO
Data de Aprovação pela ANP
Validade
Firma Inspetora
Endereço Emissor Primário

Fonte: ANP, 2022.

Numa primeira planilha, os dados disponibilizados pela ANP fazem referência às unidades produtoras de biocombustíveis com certificação RenovaBio ativa. Essa certificação é atualizada frequentemente no site sempre que há mudança de *status* em uma dessas unidades. Na segunda planilha, a agência disponibiliza os certificados cancelados e suspensos desde que a política entrou em vigor. Desse modo, é possível saber quais são as unidades, sua data de cancelamento ou suspensão e motivo para tal procedimento.

Também foram utilizados os dados disponibilizados no Observatório da Cana da UNICA, que conta com informações de produção, consumo e comercialização de etanol do ano vigente e bases históricas. Nesse sentido, utilizaram-se dados de produção e comercialização de etanol entre 2000 e 2022, além de informações sobre a participação do etanol hidratado no Ciclo Otto, desde 2010. Esses dados, apesar de terem sido abordados integralmente na revisão de literatura, possuem função relevante nas considerações finais da pesquisa.

Dentre esses dados selecionados, utilizaram-se aqueles referentes ao período de dezembro de 2019 a dezembro de 2022. Intervalo de tempo considerado relevante pois, três anos é o período máximo em que as unidades possuem para renovarem a certificação, caso não tenha sido renovado anteriormente por motivo de

obrigatoriedade em um dos monitoramentos anuais estabelecidos pelas regras do programa.

Outra delimitação foi a aplicação de um filtro na base de dados das unidades produtoras de biocombustíveis, selecionando as usinas produtoras de etanol de primeira geração da cana-de-açúcar dentre as usinas de biodiesel e biometano, bioquerosene de aviação, além de etanol produzido do milho e de segunda geração, visto que o RenovaBio abrange todos esses biocombustíveis.

Aplicou-se um segundo filtro para delimitação da população. Desse modo, manteve-se apenas as unidades que renovaram a certificação substituindo a primeira por outra regular. Desse modo, foram desconsideradas as certificações renovadas por motivo de mudança de titularidade e retificação da NEEA.

Com isso, a população final analisada foi formada por 80 usinas produtoras de etanol da cana-de-açúcar sendo anidro e/ou hidratado cuja recertificação aconteceu em algum momento entre dezembro de 2019 até dezembro de 2022.

3.2. Análise de dados

A análise dos dados foi elaborada em duas etapas, sendo a primeira uma estruturação das informações coletadas e a segunda, uma análise dos dados. Na primeira etapa, a estruturação das informações consistiu na organização dos dados em tabelas e figuras que sinalizassem o comportamento das variáveis extraídas da base de dados da ANP, com informações da NEEA e volume elegível de biocombustível. Na segunda etapa, analisou-se a variação das médias da NEEA através de um teste *t student* pareado, uma ferramenta estatística que permite identificar o comportamento de duas amostras pareadas. Desse modo, foi possível afirmar se houve aumento estatisticamente significativo da NEEA. Além disso, verificaram-se as variações do volume elegível de biocombustíveis das respectivas usinas para emissão de CBios. Posteriormente, analisaram as variáveis NEEA e volume elegível no período entre as certificações.

A NEEA é dada a cada certificação por produto. Assim, com uma unidade produtora de etanol anidro e hidratado, há duas notas. Nesse sentido, calculou-se a média simples das duas notas para se avaliar a nota da usina como um todo, tanto da primeira certificação como da última.

Para análise de comportamento dos dados da população, utilizou-se o *Microsoft Excel* como ferramenta para cálculo das medidas resumo. Entre elas, média, máximo, mínimo, variações entre certificações, desvio padrão e outros elementos da população, além dos resultados do teste *t student*.

A estatística descritiva, em primeiro momento, possui o objetivo básico de sintetizar um conjunto de observações permitindo ampla visão da variação, assim como organização e descrição por meio de tabelas, gráficos e medidas resumo. Esse método de análise permite visão panorâmica da amostra pelo pesquisador favorecendo a interpretação dos dados de maneira clara (GUEDES, 2005). As medidas de tendência central e medidas de dispersão são as mais utilizadas na estatística descritiva. Para demonstrações de tendência central de uma amostra, utilizam-se frequentemente a média, mediana e a moda. A média possui diversos modelos de cálculo, mas para o presente estudo, utilizou-se a média simples, também conhecida como média aritmética que, basicamente, é encontrada através da divisão entre a soma dos elementos de uma amostra e a quantidade de elementos somados. Por outro lado, a mediana trata-se do valor que determina a metade da amostra quando ela está ordenada de forma crescente. No que se refere à moda, é o valor que ocorre com maior frequência na distribuição (HOFFMANN, 2017).

Hoffmann (2017) expõe as medidas de dispersão, as mais comuns trabalhadas em avaliações estatísticas descritivas. Dentre essas, amplitude, variância e desvio padrão. A amplitude, trata-se da diferença entre o maior e menor valor observado, a variância, por sua vez, trata-se da apresentação da distância de cada valor do conjunto em relação à média, e o desvio padrão é a raiz quadrada da variância e tem o papel de evidenciar a uniformidade do conjunto de dados.

No que se refere ao presente estudo, foram calculadas algumas das medidas de tendência central e de dispersão como a média, mediana e desvio padrão para avaliar o comportamento dos dados coletados. Desse modo, verificou-se, de forma geral, qual foi a tendência da Nota de eficiência energético ambiental (NEEA) das usinas que se recertificaram, assim como volume elegível. Esses aspectos se tornam relevantes para a análise, dado que, o principal objetivo é avaliar o quanto o RenovaBio tem sido efetivo em promover redução das emissões, cujas medidas são refletidas diretamente na NEEA.

No que se refere ao teste de hipótese, também nomeado de teste t, é utilizado para responder a questões de compatibilidade de alguma observação ou um conjunto de dados, com determinada hipótese feita. Em estatística, a hipótese estabelecida inicialmente é chamada de hipótese nula. Ela é representada por H_0 , e geralmente é testada contra uma hipótese alternativa, representada por H_1 . Essa teoria engloba, principalmente, os procedimentos adotados para se definir se a hipótese nula deve ser rejeitada ou não (GUAJARATI e PORTER, 2011).

Existem diversos modelos de teste t, mas nessa ocasião utilizou-se o teste t pareado, onde duas amostras dependentes são comparadas, sendo um método adequado para avaliar se houve aumento estatisticamente significativo da NEEA entre a primeira e a última recertificação para as 80 unidades.

Os autores Guajarati e Porter (2011) evidenciaram os procedimentos para elaboração do teste, a primeira parte consistiu em explicitar as hipóteses H_0 e H_1 que definirão se o teste será de natureza uni-caudal ou bicaudal. O teste bicaudal é o que avalia hipóteses cuja diretriz principal envolve uma igualdade, já o teste unicaudal, necessariamente, considera desigualdades em suas hipóteses.

O objetivo final do teste é dizer, com base em estatística, se H_0 é ou não aceitável, decisão essa que é tomada com base na região crítica (ou região de rejeição) de forma que, se o valor observado na estatística pertencer a essa região, rejeita-se H_0 . A delimitação da região crítica é comumente indicada por α (alfa) e nomeada de nível de significância do teste. É comum em estatística a fixação de α a 1%, 5% ou 10%, mas sempre é delimitado com base em H_0 (MORETTIN e BUSSAB, 2017).

O teste de hipótese, para esse trabalho, foi realizado utilizando o *Microsoft Excel*, onde, selecionando as duas amostras a serem analisadas, o software já devolve o resultado do teste com os valores para a média e variância das duas distribuições (no caso do teste t pareado), Correlação de Pearson, graus de liberdade, Stat T e valor p, assim como t crítico, estabelecendo um contexto uni-caudal ou bi-caudal. Neste estudo, considerou-se o resultado do teste uni-caudal por se mostrar mais relevante e significativo nas distribuições aplicadas.

No que se refere aos resultados do teste, além da média e variância, ele evidencia a Correlação de Pearson que mede o grau de correlação entre duas variáveis de escala métrica. Normalmente, assume valores entre -1 e 1. Por outro

lado, o número de graus de liberdade traz a quantidade de pontos de dados individuais que são livres para variar em uma determinada amostra. Um terceiro resultado do teste, relevante para sua interpretação, é o Stat T ou T calculado. Seu valor é dado pela divisão da diferença entre as médias das duas distribuições pela divisão do desvio padrão das diferenças, pela raiz quadrada do número de observações. O *Excel* também apresenta o valor p e o t crítico, o valor p trata-se o número que sinaliza o quanto os dados analisados são compatíveis com a hipótese nula ou a probabilidade de T calculado ser menor ou igual ao t crítico, logo, ele estando abaixo de α , que é o nível de significância, há evidências suficientes para se rejeitar a hipótese nula. Já o t crítico ou t tabelado trata-se do valor que determina a região crítica ou de rejeição da hipótese nula. Para que se aceite a hipótese nula H_0 , o t crítico deve ser menor que o Stat T em módulo (MORETTIN e BUSSAB, 2017).

Dois fatores importantes de ser ressaltados em termos dessa abordagem metodológica, trata-se do fato de que o teste t é adequado em distribuições normais, que é um conjunto de dados. Segundo Guajarati e Porter (2011), ele é uma distribuição simétrica cujos valores de média, moda e mediana são iguais. No caso do presente estudo, a média e mediana não são iguais, mas muito próximas, no entanto, mesmo com essa questão, o teste t ainda é adequado para se avaliar as NEEA's, pois a assimetria das distribuições é demonstrada em pequena escala. Portanto, foi possível aplicar o teste t student pareado a essas duas notas derivadas de diferentes certificações com o objetivo de detectar se houve aumento significativo do ponto de vista estatístico da NEEA entre as certificações.

Para o presente estudo, o teste foi aplicado nas distribuições de NEEA's e não no volume elegível pela razão de ele ser o indicador derivado das certificações que reflete o quanto o processo produtivo do etanol da usina em questão é eficiente do ponto de vista energético ambiental, logo, é o indicador que vai trazer em sua formação o nível de emissões de GEE presente nas atividades da usina. Assim, considerando o propósito do presente estudo, em avaliar a efetividade do RenovaBio para induzir melhores práticas em termos de emissões, é o procedimento que se mostra adequado.

Essas ferramentas estatísticas permitem compreender como têm sido os processos de recertificação e especular se tais notas estão se apresentando estatisticamente maiores ou não, quais são as possíveis razões desse resultado, e

se a política tem sido efetiva em seu objetivo de aumentar a participação dos biocombustíveis, incluindo o etanol, na matriz energética brasileira.

A análise dos resultados abordou ainda a variação do volume elegível, porque ela tem relação direta com os ganhos das unidades provenientes da venda de CBios. Assim como o período em anos entre as certificações, essa variação também pode ser determinante para a execução de nova certificação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta a análise dos resultados obtidos através da coleta de dados conforme descrito na seção anterior. O Renovabio conta, até o último dia do ano de 2022, com 308 certificações válidas; dessas, 272 são por instituições que produzem etanol, 33 produtores de biodiesel e 3 usinas de biometano. Das 272 certificações para etanol, 189 são para anidro e 270 para hidratado, sendo que uma mesma unidade pode incluir os dois produtos em uma certificação.

No que se refere às certificações, desde que o programa entrou em funcionamento até o dia 31 de dezembro de 2022, 113 haviam sido modificadas, sendo que dessas, 102 foi por motivo de renovação, 9 por mudança de titularidade, 1 por término de prazo e outro por retificação da NEEA. Dessas 113 recertificações, 94 se deu para etanol e 19 para o biodiesel. Das recertificações em etanol, seja ele anidro ou hidratado, 85 foi em ocasião de renovação, 8 por mudança de titularidade e 1 por retificação da NEEA. Dentre as 85 recertificações em ocasião de renovação, 80 são as unidades certificadas que produzem etanol de primeira geração de cana-de-açúcar e 5 são as que produzem etanol de primeira geração do milho.

No que se refere às recertificações e conforme propósito desta pesquisa, as 80 unidades formam a população final a ser trabalhada. A partir dessa amostra foram analisadas as informações de NEEA no teste *t student*, assim como verificação das medidas resumo para a NEEA, volume elegível e período entre as certificações.

Os resultados encontrados após análise dos dados das 80 unidades que recertificaram etanol na rota E1GC são evidenciados a seguir.

Tabela 6. Medidas resumo das NEEA's

	NEEA 1ª Certificação	NEEA 2ª certificação	VARIAÇÃO
Média	58.90	60.07	2.54%
Mediana	60.15	61.32	2.11%
Mínimo	39.28	47.68	-12.19%
Máximo	70.70	68.04	24.72%
Devio Padrão	6.40	4.85	7.52%

Fonte: Elaborado pela autora com base em ANP, 2023

Na Tabela 6 constam as medidas resumo dos valores das NEEA's de 1ª e 2ª certificações das 80 usinas assim como das variações entre elas. A média aritmética

da 2ª certificação ficou em 60,07 enquanto da 1ª ficou em 58,90. Assim, a diferença entre elas foi de 1,17 com uma variação positiva de 2,54%. A mediana, para as duas categorias de NEEA, apresentou-se maior que a média em 1,25, demonstrando uma ligeira assimetria na curva da distribuição, mas com a mesma proporção para ambas as certificações. Referente às variações, a mediana se apresentou em 2,11%, abaixo da média em 0,43%.

Ainda referente à Tabela 6, é possível observar os máximos e mínimos entre as NEEA's, também a maior e menor variação. No caso da primeira certificação, a NEEA mínima foi de 39,28 enquanto a máxima foi de 70,70. Na segunda certificação, a mínima ficou em 47,68 e a máxima em 68,04. A maior variação negativa ficou em - 12,19% e a maior positiva em 24,7%.

Referente ao desvio padrão das distribuições, as notas da primeira certificação apresentaram desvio padrão de 6,40 enquanto as notas da segunda foi de 4,85. Houve uma variação de 7,52%. Desse modo, ficou evidente que, comparando as duas certificações, a primeira demonstra valores mais distribuídos, enquanto a segunda valores mais homogêneos, ou seja, próximos da média. Em relação à variação das duas notas, o desvio padrão se mostrou mais elevado (7,52%). Assim, destacou-se a maior distância dos pontos em relação à média (2,54%).

No que tange à média da variação da NEEA entre as certificações, houve 31 unidades cuja nota reduziu e 54 em que a nota se elevou. O gráfico demonstrado na Figura 7 evidencia visualmente o comportamento da NEEA entre a primeira e última certificação. Como os dados foram organizados do menor para o maior com referência na primeira certificação, é visível a tendência de que as unidades que estavam com as menores notas tiveram maiores aumentos após a última certificação. Ocorreu o contrário com aquelas que detinham maiores notas na primeira certificação, foram onde parte das quedas se concentraram.

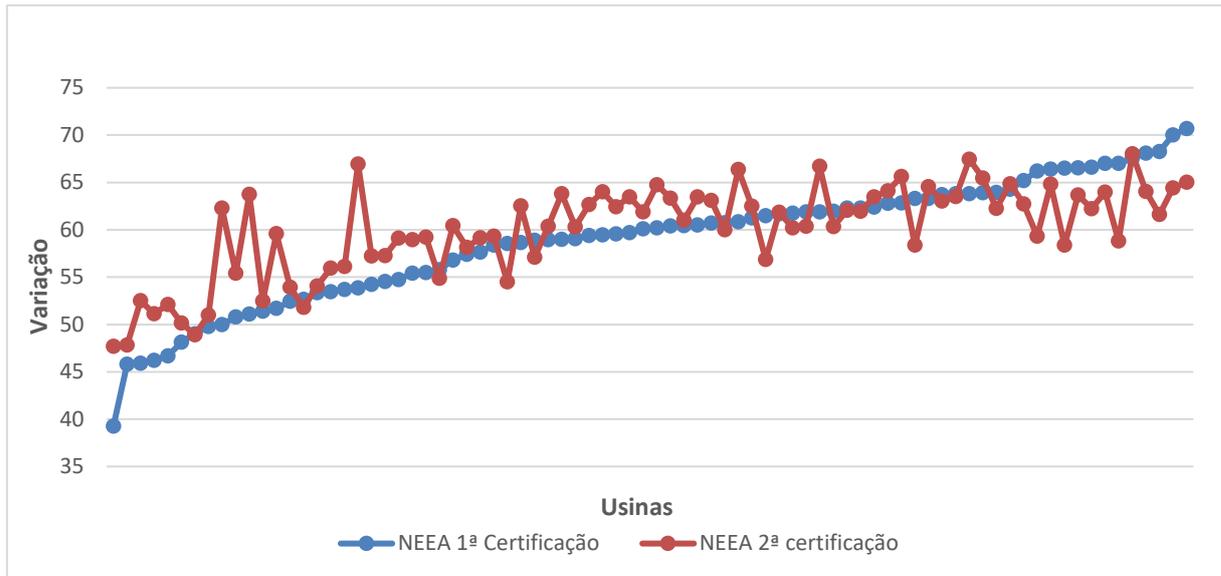


Figura 7. Variação da NEEA

Fonte: elaborado pela autora com dados da ANP, 2022

Entre as 31 unidades que contaram com variação negativa da nota, a maior foi de 12,19% e entre as 54 unidades com variação positiva, a maior foi de 24,72%, conforme Tabela 6. Entre esses valores, o comportamento da população se concentrou em variações de aumento sutil, assim como aponta a média das variações (2,54%) e a Figura 8, que direciona a maior concentração de unidades no intervalo delimitado pelos valores 0,01% e 6,11%. Desse grupo, onde o histograma sinaliza presença de 32 unidades, 28 possui valores acima de 1%.

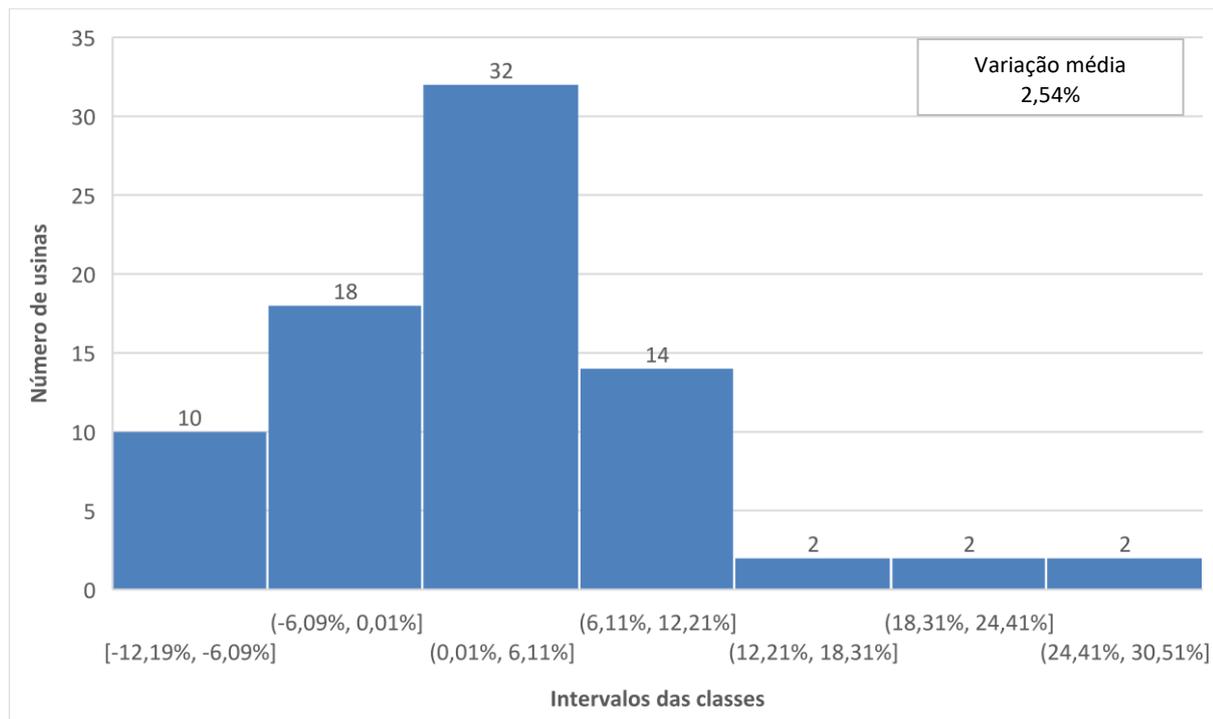


Figura 8. Histograma variação da NEEA entre as certificações

Fonte: elaborado pela autora com dados da ANP, 2022

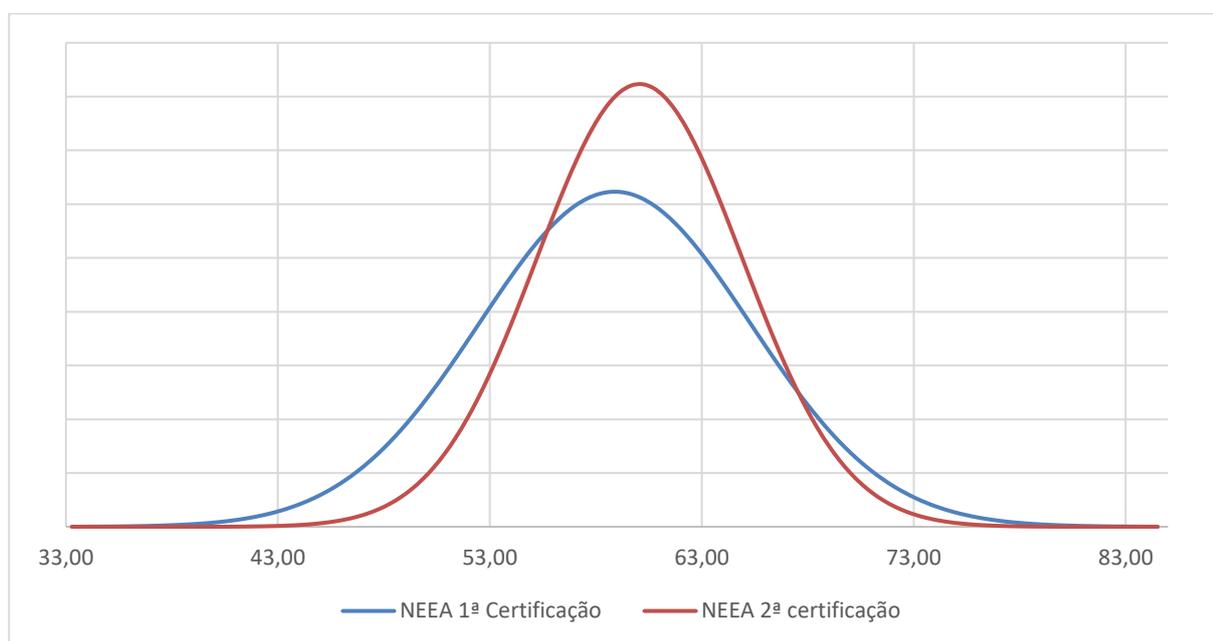


Figura 9. Simulação das NEEA's em distribuições normais

Fonte: elaborado pela autora com dados da ANP, 2022

Na Figura 9 estão evidenciadas as curvas das distribuições normais desenhadas a partir da média e desvio padrão das duas amostras. Essas curvas ilustram o que demonstrou dados da Tabela 6, em que a distribuição da NEEA da segunda certificação obteve média maior que da primeira. Na segunda certificação,

observou-se uma curva mais acentuada conforme demonstrou o desvio padrão, com um número maior de pontos concentrados ao redor da média. Na curva da primeira certificação, o desvio padrão foi maior e, por consequência, apresentou curva mais acentuada.

Tabela 7. Resultado teste t *student* pareado

	NEEA 1ª Certificação	NEEA 2ª Certificação
Média	58,896	60,066
Variância	40,996	23,483
Observações	80,000	80,000
Correlação de Pearson	0,757	
gl	79,000	
Stat t	-2,501	
P(T<=t) uni-caudal	0,007	
t crítico uni-caudal	1,664	

Fonte: elaborado pela autora com base em ANP, 2023

A Tabela 7 evidencia os resultados do teste de hipótese com amostra emparelhada que foi calculado pela ferramenta *Microsoft Excel*, cujos resultados serão discutidos a seguir.

A hipótese nula (H_0) do estudo trata-se da não diferença estatisticamente significativa entre as médias das duas amostras. Em outras palavras, a hipótese nula é a de que essa diferença observada entre as duas amostras emparelhadas se deve ao acaso ou erros de medida e não a uma diferença real entre as populações.

A hipótese alternativa (H_1), por tratar-se de um teste unilateral ou uni-caudal, refere-se que a média da amostra 1 é menor do que a média da amostra 2. Nesse caso, a hipótese alternativa afirma que há uma diferença estatisticamente significativa entre as médias das duas amostras, e que a média da amostra da primeira certificação é menor do que a média da amostra da segunda. Assim, trabalha-se com a situação em que houve aumento da média das NEEA's.

O Resultado do teste, evidenciado pela Tabela 7, além das médias das amostras já comentadas na análise da Tabela 6, demonstra também a variância das amostras que para a NEEA da primeira certificação é 40,99 enquanto para a segunda é 23,48, de forma que a primeira é maior evidenciando que os dados se distanciam em maior grau da média do que a segunda amostra, assim como demonstrou o desvio padrão. A Tabela 7 traz ainda, o número de observações de

cada amostra de certificações (80 unidades). Em seguida, pontua a Correlação de Pearson em 0,75, entre 0 e 1. Determina, portanto, que há uma correlação positiva entre as variáveis da primeira e da segunda amostra.

Um terceiro resultado derivado do teste t *student* pareado, evidenciado ainda pela Tabela 7, trata-se do número de graus de liberdade (79) que determina a quantidade de pontos de dados individuais que são livres para variar em uma determinada amostra.

O Stat T é o próximo valor evidenciado nos resultados, ele foi de -2,50, através da divisão de -1,17 por 4,18 dividido por 8,94 (raiz quadrada de 80).

Em seguida, o resultado ainda demonstra o valor p ($P(T \leq t)$ uni-caudal) em 0,007 e o t crítico uni-caudal em 1,664. Pelo fato de o valor p se apresentar em 0,007, pode-se definir o nível de significância (α) do teste em 1%. No entanto, existem métodos estatísticos para se chegar nesse valor teste de forma exata. O relevante aqui é observar o fato de que, como o valor p se apresentou abaixo de 1%, que é o nível de significância, há evidências suficientes para se rejeitar a hipótese nula. Já o t crítico ou t tabelado trata-se do valor que determina a região crítica ou de rejeição da hipótese nula. Nessa ocasião, para que se aceitasse a hipótese nula H_0 , o t crítico deveria ser menor que o Stat T em módulo.

O T calculado (Stat T), em módulo, foi maior que o T tabelado (t crítico), com um nível de significância de 1%. Esse resultado demonstra que se rejeita H_0 e aceita-se H_1 . Assim, houve, com 99% de certeza, aumento estatisticamente significativo após as recertificações das 80 unidades produtoras de etanol de primeira geração de cana-de-açúcar.

Importante destacar que, conforme discutido com base no exposto pela ANP (2022), a NEEA reflete as emissões após a ACV da produção do etanol. Para as unidades que compõem a população analisada, é possível observar, mesmo que de forma sutil, a redução das emissões nos processos agrícolas e industriais visto que o aumento da nota é estatisticamente evidente. A proporção desse aumento se mostra tênue pelo fato de que a diferença entre as médias é de 1,17. Considerando o contexto, a quantidade de unidades certificadas pelo RenovaBio e a análise descritiva das distribuições, notou-se queda na nota de muitas unidades. Isso impediu que o aumento fosse em maiores proporções.

Com base no volume elegível, a população apresentou um comportamento semelhante. A proporção de unidades que demonstrou um aumento no volume após

a renovação da certificação foi ligeiramente maior (55 das 80 unidades), enquanto 25 demonstraram queda. No entanto, o aumento do volume foi maior do que o aumento na NEEA, com um acréscimo médio de 8,91%.

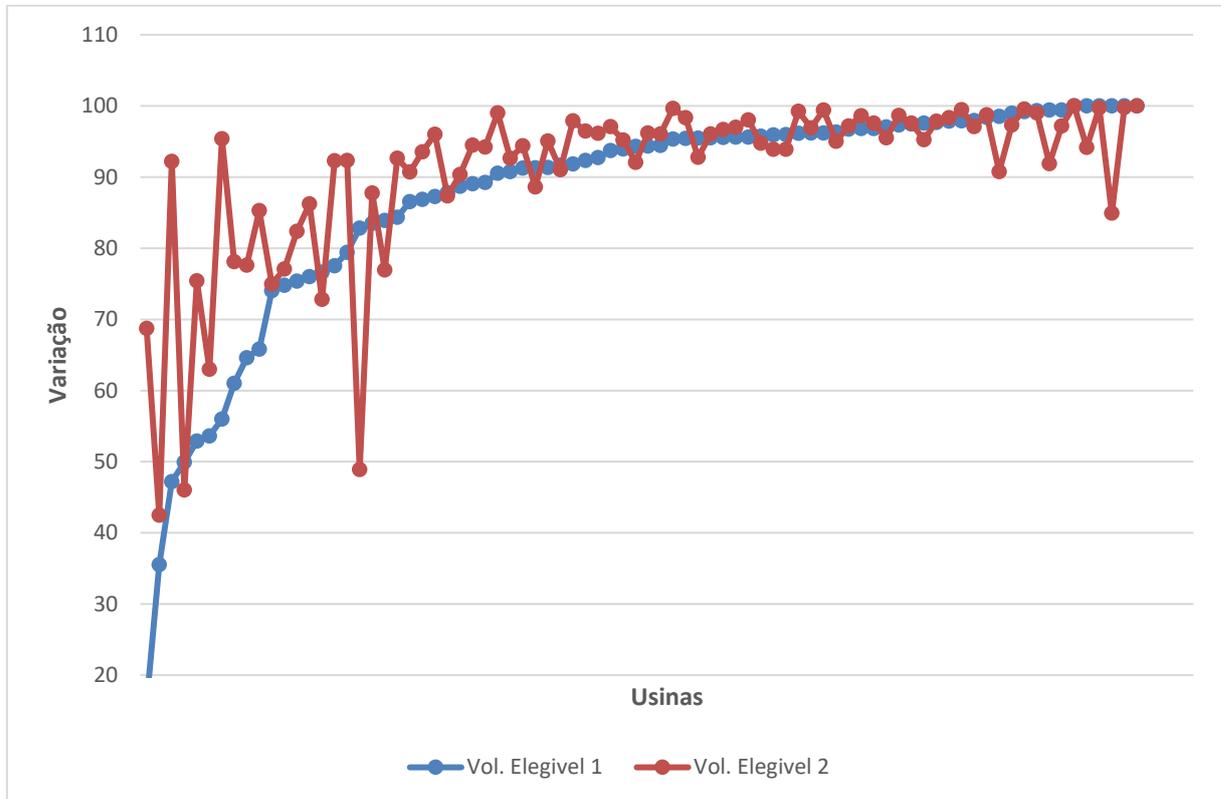


Figura 10. Variação do volume elegível

Fonte: elaborado pela autora com dados da ANP

O Histograma (Figura 11) apresentou uma divisão de classes da população em termos de volume elegível, em que é possível observar alguns fatores importantes. O maior aumento foi de 329,17% e ocorreu numa unidade em que na primeira certificação contava com apenas 16,01% do volume elegível e na última passou a apresentar 68,71%. A maior queda foi de 40,97% onde a usina contava com volume em 82,82% e na segunda certificação passou a ser de 48,89%. No campo intermediário, a grande parte das unidades (49 no total) passaram por recertificação e evidenciaram variação entre 0,3 e 41,03% conforme esclarece o histograma.

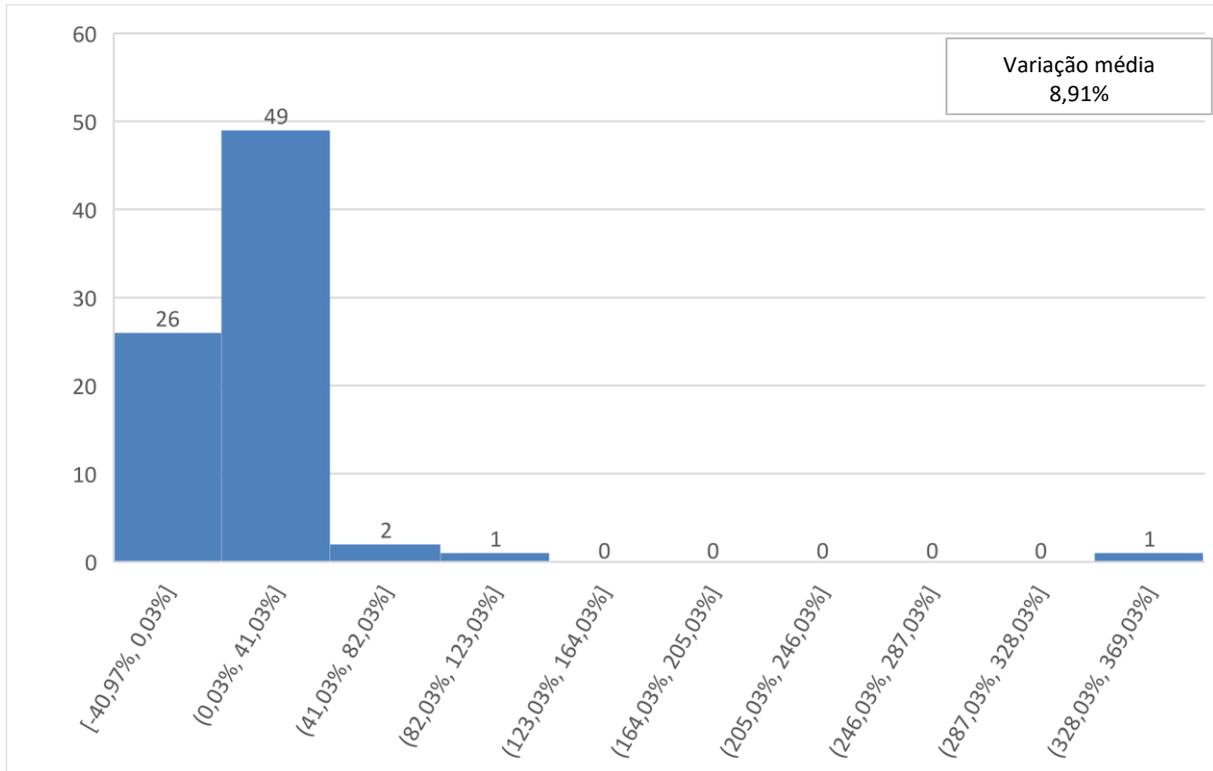


Figura 11. Histograma da variação do volume elegível entre as certificações
 Fonte: elaborado pela autora com dados da ANP

Com base no que foi apontado pela Nova Cana (2017), o setor contou com uma melhora substancial em relação aos critérios de elegibilidade quando comparados com a NEEA. Isso demonstra a realização de mais regularizações de documentos, como CAR e zoneamento agrícola, além de possibilidade de significativas expansões em áreas sem ocorrência de desmatamento após 2017. É possível afirmar isso uma vez que a variação média do volume elegível durante os 3 anos de programa em funcionamento foi maior do que a variação da NEEA.

A discussão sobre a certificação ao RenovaBio é relevante porque as usinas podem obter receitas adicionais, mesmo que tenham NEEA e volume elegível médios. Embora não seja uma regra, espera-se que as usinas usem essa receita ou parte dela para investir em tecnologias e práticas para reduzir as emissões de CO_{2eq} nos processos. Isso resultaria em um duplo ganho, pois a usina reduziria suas emissões e, ao mesmo tempo, aumentaria sua nota, podendo emitir mais CBios e obter maior receita na próxima recertificação.

Ademais, a implementação dessa política pode acelerar a redução das emissões de CO_{2eq}, que é um dos principais objetivos do programa. Até o momento, os números de variação da NEEA das usinas que já se recertificaram indicam que

houve uma melhora sutil, mas é importante que haja um esforço constante nesse sentido. O intervalo temporal entre recertificações é outra variável relevante a ser discutida. Conforme demonstra a Figura 12, que evidencia o espaço de tempo entre as certificações em anos, é possível observar que, das 80 unidades, o período de ocorrência dessa renovação da certificação foi variado, sendo que uma pequena parte se deu em menos de um ano, outra, entre 1 e 2 anos e uma terceira parcela da população a realizou entre 2 e 3 anos.

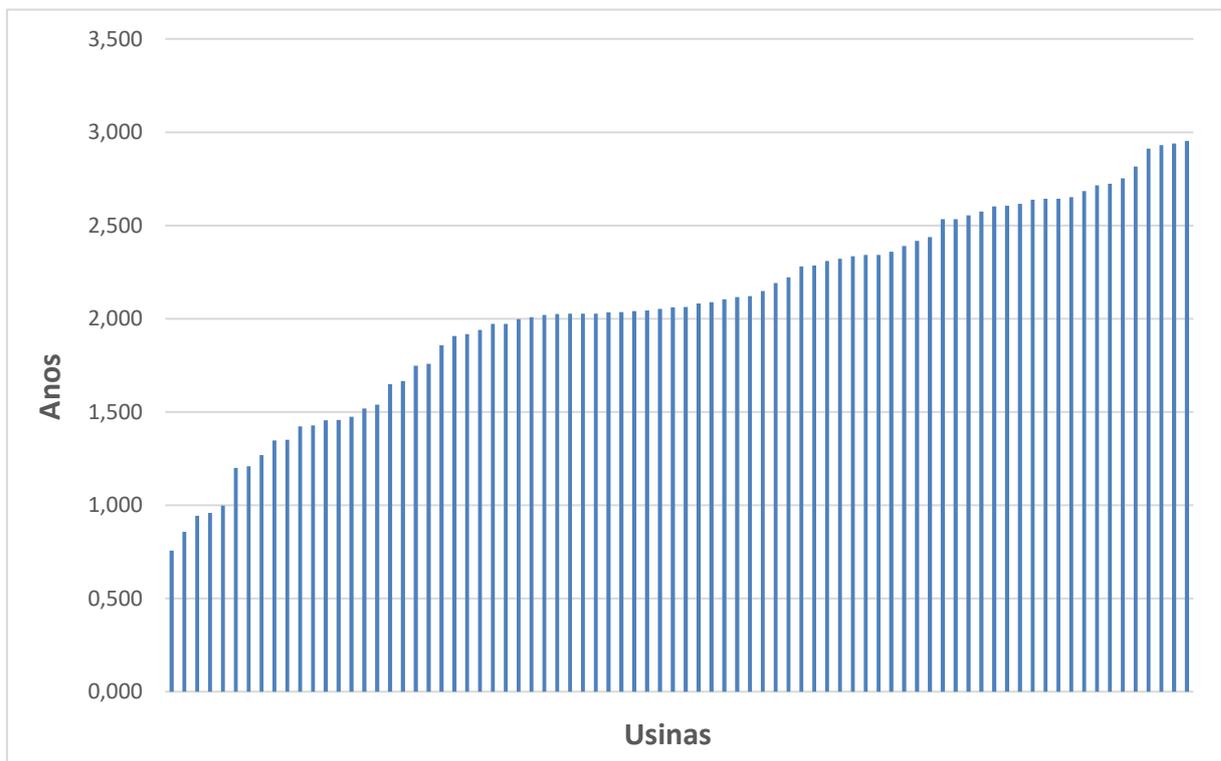


Figura 12. Período entre as certificações em ano

Fonte: elaborado pela autora com dados da ANP,2023

Ainda nesse sentido, o histograma (Figura 13) demonstra que 5 unidades se recertificaram em um período entre 0,75 e 1,18 anos da primeira certificação, 12 entre 1,18 e 1,61 anos, 21 em um intervalo de 1,61 e 2,04 anos, 22 em um hiato que variou entre 2,04 e 2,47 anos, 16 em um período entre 2,47 e 2,90 e, por fim 4, cuja recertificação aconteceu em um espaço de tempo de 2,90 a 3,33 anos.

Observa-se que, desses intervalos, a maior parte das unidades (22) se concentrou as certificações entre 2 e 2,5 anos.

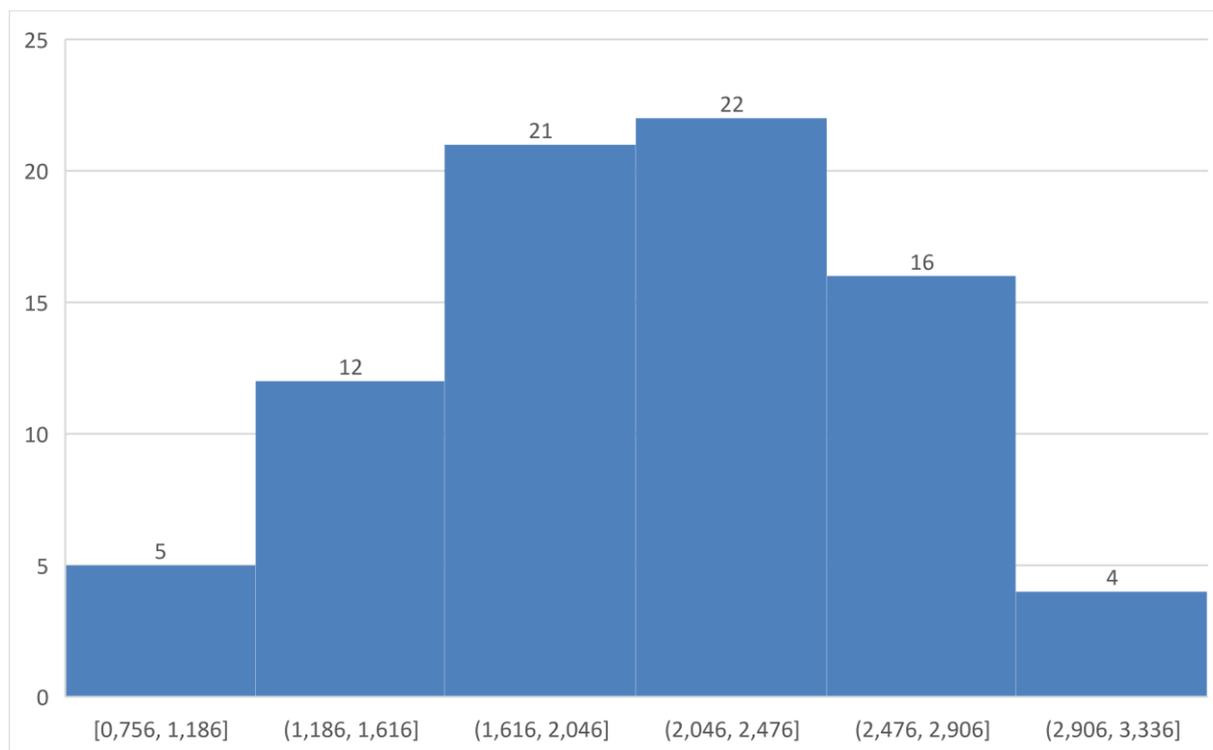


Figura 13. Histograma período entre as certificações

Fonte: elaborado pela autora com dados da ANP,2023

As razões que levam uma unidade a passar pela renovação da certificação podem ser diversas. A unidade produtora pode solicitar voluntariamente a renovação em qualquer momento ou a firma inspetora pode indicá-la. Além disso, a ANP pode determinar a renovação, dependendo do andamento dos parâmetros que são a base da NEEA e do volume elegível. Nesse contexto, o monitoramento anual tem justamente esse propósito de acompanhar o andamento dos critérios para determinar se há a necessidade de renovação imediata ou não. Caso a unidade se mantenha constante nos indicadores, sem variações maiores que 10%, terá até 3 anos para renovar o certificado (ANP,2022).

Considerando essa questão, os gráficos nas Figuras 14 e 15 representam os pontos em formato de dispersão e demonstram a relação temporal entre as certificações da NEEA e o volume elegível respectivamente.

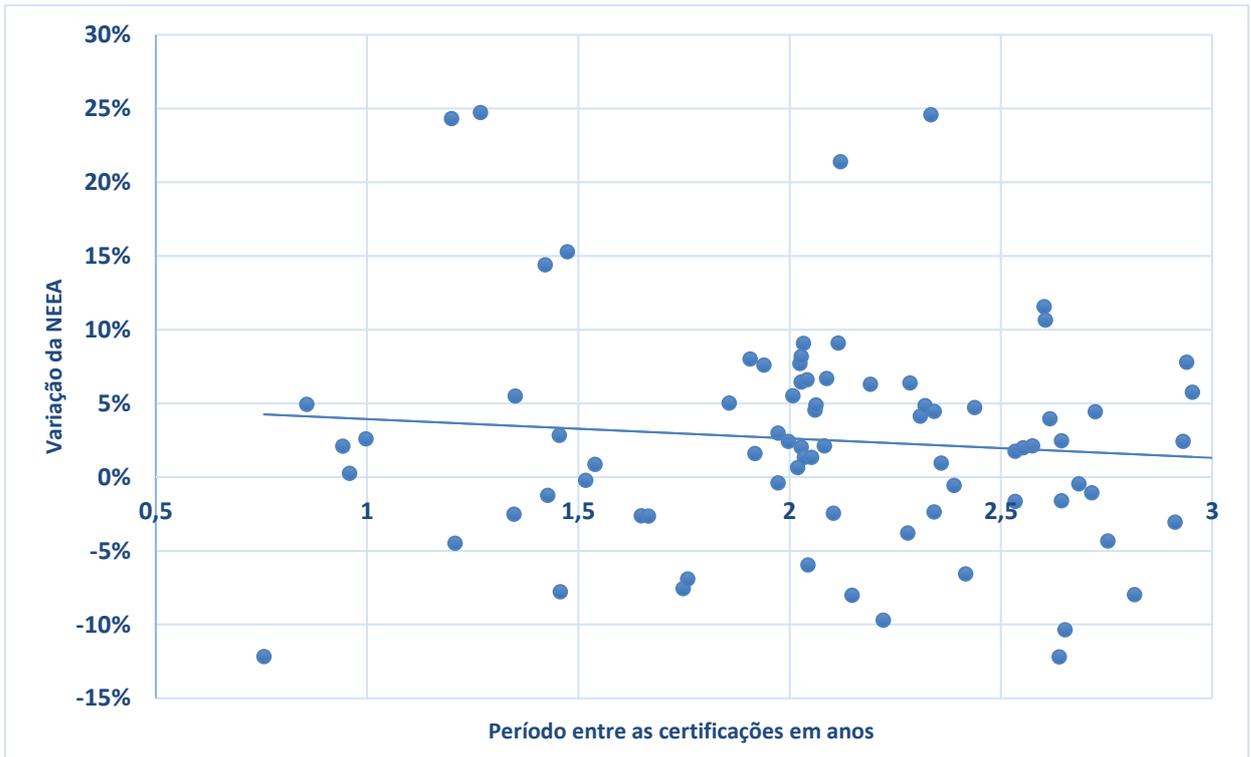


Figura 14. Relação entre a variação da NEEA e o período em anos entre as certificações

Fonte: elaborado pela autora com dados da ANP, 2023

Na Figura 14, há uma linha de tendência onde indica que quanto maior o período entre as certificações, menor a variação, ou seja, as variações se direcionam para a marcação zero. Dessa forma, as unidades que apresentaram maior intervalo entre as certificações tiveram aproximadamente três anos de vigência, o que resultou em poucas variações nos monitoramentos anuais e, conseqüentemente, em um período maior de estabilidade. Para as unidades que apresentaram menores períodos, em que ocorreram as maiores variações, tanto positivas quanto negativas, as diferenças em relação ao intervalo de tempo vigente foram superiores a 10%, como identificado nos monitoramentos anuais.

A Figura 15 demonstra comportamento semelhante ao relacionar as variáveis do período em dias entre as certificações e o volume elegível, pois indica uma tendência de quanto maior o período, menor a variação do volume elegível. Além disso, há uma maior concentração dos pontos à linha zero, o que significa que houve poucas variações nos valores.

Ao relacionar essas variáveis é possível evidenciar alguns aspectos relevantes para as discussões conforme comentado. No entanto, é necessário analisar com certa cautela, visto que a NEEA e volume elegível evidenciados nos

gráficos (Figuras 14 e 15), são das mesmas unidades. Portanto, no monitoramento anual, pode ter sido detectada variação relevante na NEEA e não no volume e vice-versa. Isso justifica a presença de alguns pontos em ambos os gráficos de dispersão próximos à linha de variação zero e com menor período entre as certificações.

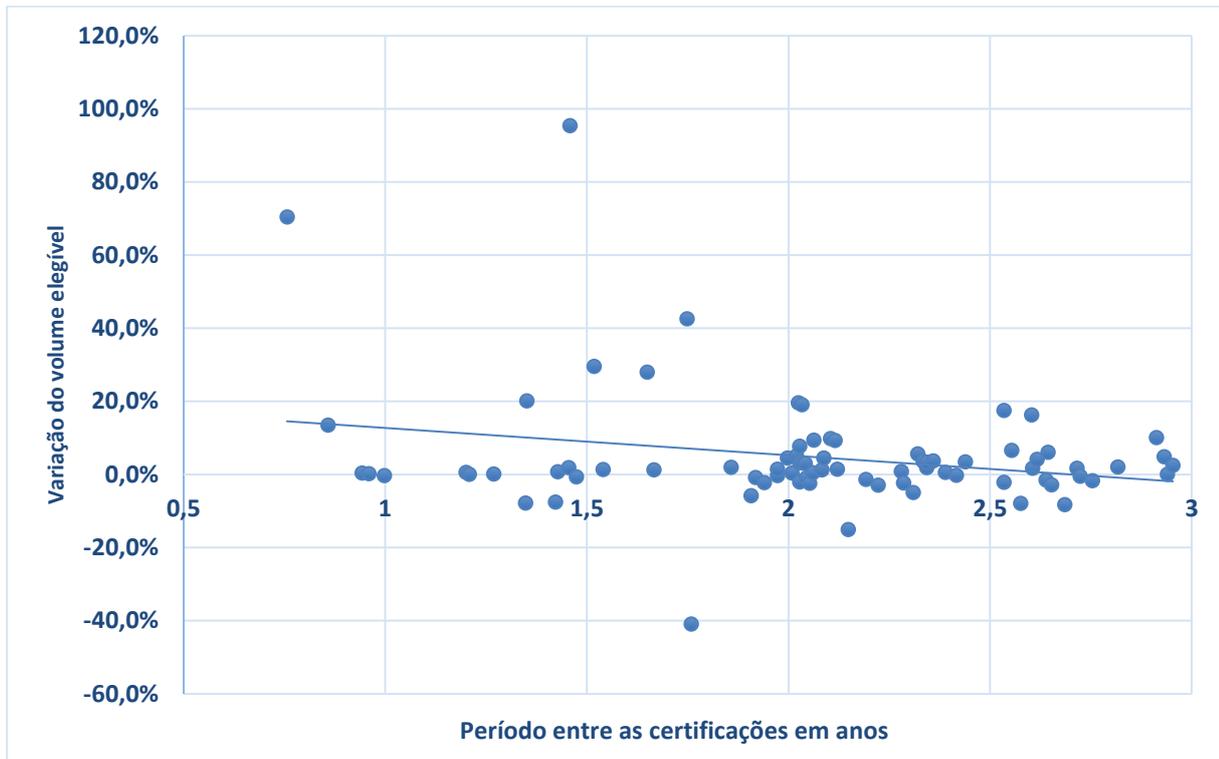


Figura 15. Relação entre a variação do volume elegível e o período em anos entre as certificações

Fonte: elaborado pela autora com dados da ANP, 2023

Diante dessas questões, é importante mencionar uma percepção relevante em relação aos motivos que levam as usinas a recertificar. É necessário lembrar que a variação resultante do monitoramento anual deve ser de 10% para mais ou para menos para que haja a obrigatoriedade de recertificação. Observando tanto a Figura 14 como a Figura 15, é possível perceber que um baixo número de unidades agroindustriais teve variações muito altas. Isso pode indicar que as razões para a renovação do certificado tenham ocorrido por determinação da ANP ou por decisão voluntária da usina em questão, na maioria dos casos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade deste estudo foi analisar a efetividade do RenovaBio em induzir as práticas eficientes do ponto de vista energético ambiental na produção de etanol de primeira geração de cana-de-açúcar. Para tanto, analisaram-se os dados das recertificações das unidades produtoras referentes às notas de eficiência energético-ambiental e o volume elegível derivados desses processos, relacionando os aspectos convergentes e as variações ante às certificações anteriores. Foram também verificados os dados de abrangência do etanol no mercado e sua relação com um dos principais objetivos da política.

O propósito de olhar esses aspectos foi avaliar a performance da política nesses 3 anos de vigência quanto à redução das emissões pelas unidades certificadas, bem como o comportamento do etanol no mercado.

Os resultados apontaram uma variação positiva da NEEA em 2,54%, um aumento estatisticamente significativo, sugerindo que as unidades melhoraram sutilmente suas notas. Esse indicador é derivado das emissões ao longo do processo produtivo. Portanto, nesse caso, as emissões foram sutilmente reduzidas. No entanto, o desafio para redução de GEE é grande. Desse modo, os resultados pontuam ainda pouca efetividade das unidades em aumentar suas NEEA's. Conforme indicado pela ANP (2022), uma das diretrizes da política é que haja investimento dos recursos ganhos através da comercialização de CBios em tecnologias de baixo carbono para que diminua as emissões do processo e as unidades tenham seu potencial de ganho ligado ao RenovaBio aumentado.

No que tange ao volume elegível de combustíveis ao RenovaBio, o seu acréscimo se apresentou maior que o ocorrido com a NEEA (8,91%), o que pode ser justificado pelo fato de as unidades terem expandido áreas regularizadas em termos de desmatamento, CAR e zoneamento, ou mesmo ajustado suas próprias áreas em termos de CAR e zoneamento para as que ainda não tinha sido feito. O fato de esse aumento ter sido presente em maior proporção, um aspecto chama a atenção pois, os critérios para elegibilidade de uma área são relativamente simples, a não ser que a unidade tenha produção em áreas em que houve desmatamento após 2017. Desse modo, é possível regularizar os outros aspectos e torná-la elegível. Assim, diante do cenário econômico, as unidades podem ter optado por esse caminho em

vez de investir em tecnologias de baixo carbono dada a incerteza econômica que o país viveu em decorrência da pandemia da Covid-19.

Além disso, é importante resgatar o que afirma o parágrafo 2 do primeiro artigo da política nacional de biocombustíveis, que estabelece como objetivo:

II - Contribuir com a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis, inclusive com mecanismos de avaliação de ciclo de vida; (Constituição, 2017).

Com base nos dados apresentados, pode-se considerar que há um caminho satisfatório em relação a esse objetivo, pois mesmo que de forma sutil, houve um aumento estatisticamente significativo nas unidades produtoras de etanol de primeira geração de cana-de-açúcar que se certificaram no início da vigência da política e já renovaram a certificação. Por outro lado, em relação à participação do etanol no Ciclo Otto brasileiro, trata-se de um ponto de extrema relevância nessa análise, uma vez que tal indicador está diretamente ligado a outro dos objetivos principais da política, ou seja, ao objetivo de aumentar a participação do etanol na matriz energética brasileira conforme parágrafo 3 do primeiro artigo da política nacional de biocombustíveis:

III - promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; (Constituição, 2017).

Os dados investigados no que se refere a esse aspecto apontam para uma queda desde 2020, ano em que a política já estava em vigor.

Diante desse contexto, o RenovaBio é uma política com grandes potenciais de sucesso, no entanto, os resultados do presente estudo demonstram que existem desafios a serem superados. Nesse sentido, alguns ajustes nos direcionamentos dessa política são pertinentes para que possa cumprir integralmente com seus objetivos, o que até o final de 2022 não ocorreu plenamente.

Dessa forma é necessário repensar os mecanismos que direcionam a política para acelerar os incentivos de investimento dos produtores, com o objetivo de diminuir as emissões de GEE no processo produtivo das usinas de etanol e aumentar NEEA. Os dados apontam para uma abordagem de uso dos recursos dos CBios por parte das unidades certificadas para financiar outras iniciativas, como

dívidas ou outros bens e serviços que não objetivam diretamente a redução de carbono. Estudar a criação de regras para investimento em redução de emissões e investigar os efeitos da pandemia sobre o funcionamento da política podem ser iniciativas interessantes.

Assim como em qualquer pesquisa, esse estudo apresenta suas limitações no que tange aos resultados, um que pode ser pontuado aqui, trata-se da seleção de unidades de etanol. Apesar das unidades de biometano e biodiesel que passaram por recertificações serem minoria na população evidenciada pela ANP, elas poderiam alterar essas médias de variações e/ou apresentar resultados que favoreceriam a variação média da NEEA. Também há um fato de que a efetividade da política pode ter sido impactada pela pandemia da Covid-19. Assim, cabe repetir tal análise daqui a alguns anos para reavaliar o desempenho do Renovabio enquanto política promotora de redução de emissões de GEE sem o efeito de uma pandemia.

Nesse sentido, sugere-se que em estudos futuros seja realizada uma análise da curva de aprendizagem a partir da implementação de políticas públicas no mesmo segmento do RenovaBio. Eles devem ser conduzidos considerando outras localidades a fim de verificar quais foram os principais percalços enfrentados e se houveram as mesmas dificuldades do RenovaBio, no que se refere a investimentos em tecnologias efetivas de baixo carbono no processo produtivo do etanol ou em preocupações ou pressão por parte dos próprios produtores em se debruçar sobre essas causas climáticas. Adicionalmente, sugere-se uma pesquisa acerca dos principais incentivos que poderiam ser aplicados para que os consumidores de combustíveis fósseis se direcionem para escolha de automóveis cuja fonte seja renovável.

REFERÊNCIAS

1. ABBADE, E. B. O papel do agronegócio brasileiro no seu desenvolvimento econômico. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, 9, n. 3, p. 149, 2014.
2. AGENCY OF UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION. Global Greenhouse Gas Emission Data. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>. Acesso em: 20/01/2023.
3. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. *RenovaBio*. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br>. Acesso em: 29/03/2022.
4. AGUILAR-RIVERA, Noé. Bioindicators for the Sustainability of Sugar Agro-Industry. *Sugar Tech*, v. 24, n. 3, p. 651-661, 2022.
5. ALMEIDA, R. P. D. *Debates Agroenergéticos*. Universidade Federal Vales do Jequitinhona e Mucuri 2020.
6. ALRØE, H. F.; MOLLER, H.; LÆSSØE, J.; NOE, E. Opportunities, and challenges for multicriteria assessment of food system sustainability. *Ecology and Society*, 21, n. 1, 2016.
7. ARGUS. Anunciado a 3 anos, Renovabio entra em cena. 2019. Disponível em: <https://www.argusmedia.com/en/news/2041457-anunciado-h%C3%A1-3-anos-renovabio-entra-em-cena>. Acesso em: 03/02/2023.
8. ARMSTRONG, A. K.; KRASNY, M. E.; SCHULDT, J. P. *Climate Change Science*. 2018
9. ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; PINTO, H. *Sustentabilidade no agronegócio brasileiro*. 2012.
10. RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. Annual ethanol production. 2022. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/markets-and-statistics/annual-ethanol-production>. Acesso em: 02/02/2023.
11. B3. Créditos de descarbonização (CBios). 2022. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/outros-servicos/servicos-de-natureza-informacional/credito-de-descarbonizacao-CBio/. Acesso em: 30/03/2022.
12. BNDES. *Cadastro Ambiental Rural: conceito, abrangência, escopo e natureza*. 2017. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/cadastro-ambiental-rural>. Acesso em: 02/02/2023.

13. BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 30/12/2022.
14. BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988. 2017 Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.
15. BRAY, S. C.; FERREIRA, E. R.; RUAS, D. G. G. As políticas da agroindústria canaveira e ao proálcool no Brasil. Editora Oficina Universitária, 2000.
16. BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. Revista de Educação do Vale do Arinos-RELVA, 3, n. 2, 2016.
17. BRUNDTLAND, G. H. Our Common Future - Call for action. Environmental Conservation, v. 14, n. 4, p. 291-294 1987.
18. BRUNETTI, F. Motores de Combustão Interna-Vol. 1. Editora Blucher, 2018.
19. CALIFÓRNIA AIR RESOURCES BOARD. Current California GHG Emission. 2023. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/ghg-inventory-data>. Acesso em: 23/01/2023.
20. CASTILLA, L. R. C.; DE OLIVEIRA, B. G. Desafios da implantação do programa RenovaBio: insights brasileiros para a descarbonização do setor de transporte. A GOVERNANÇA AMBIENTAL E SEUS COMPROMISSOS, p. 35, 2018.
21. CEK, K.; EYUPOGLU, S. Does environmental, social and governance performance influence economic performance? Journal of Business Economics and Management, 21, n. 4, p. 1165-1184, 2020.
22. CNA. Panorama do Agro. 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 27/03/2022
23. CEPEA. PIB-AGRO/CEPEA: Agronegócio favorece crescimento do PIB Nacional e Ajuda no Controle da Inflação. 2018. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-agronegocio-favorece-crescimento-do-pib-nacional-e-ajuda-no-controle-da-inflacao.aspx>. Acesso em: 30/01/2023.
24. CEPEA, PIB do agronegócio brasileiro. 2022. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>.
25. THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Global Warming of 1,5°C. 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>. Acesso em: 19/01/2023.
26. COLARES-SANTOS, L.; SCHIAVI, S. M. D. A. Redes de Cooperação Interorganizacional: Evidências sobre os Estudos em Sistemas Agroindustriais. Revista ADM. MADE, 24, n. 1, p. 42-54, 2020.

27. CONAB. Séries Históricas das Safras. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 02/02/2023.
28. CORNELL, B.; DAMODARAN, A. Valuing ESG: Doing good or sounding good? Available at SSRN 3557432, 2020.
29. CORTEZ, L. A. B. Proálcool 40 anos: Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro. Editora Blucher, 2018b.
30. CRESWELL, J. Projeto de pesquisa: métodos quali, quanti e misto. POA: Bookman, 2007.
31. CURY, C.; LEITE, D. M.; CARDOSO, F. D. A.; MORANDI, M. et al. Relações institucionais e governamentais como fator estratégico para parcerias e inovação: o caso RenovaBio. Embrapa Solos-Outras publicações científicas (ALICE), 2018.
32. DA COSTA, M. B. B. Agroecologia no Brasil: história, princípios e práticas. Expressão Popular, 2017.
33. DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. A. Concept of agribusiness. 1957.
34. DE FARIA, J. H. Por uma teoria crítica da sustentabilidade. Organizações e Sustentabilidade, 2, n. 1, p. 2-25, 2014.
35. DE FIGUEIRÊDO, M. C. B.; MATSUURA, M. D. S. Eficiência energética. Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE), 2018.
36. DEBOLETTA, A.; SCHEMMER, A. Gestão de Práticas Ambientais no Setor Sucroalcooleiro da Região de Marília. 2008.
37. DENNY, D. M. T. Agenda 2030 e governança ambiental: estudo de caso sobre etanol da cana-de-açúcar e padrões de sustentabilidade como bonsucro. 2018.
38. DESAI, D. Evolution of a concept of agribusiness and its application. Indian Journal Of Agricultural Economics, 29, n. 902-2018-1083, p. 32-43, 1974.
39. EMBRAPA. Zoneamento agroecológico. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-zoneamento-agroecologico/nota-tecnica#:~:text=O%20Zoneamento%20Agroecol%C3%B3gico%20%C3%A9%20um,aptid%C3%A3o%20das%20terras%20para%20uso>. Acesso em: 11/02/2023.
40. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. RenovaBio: Biocombustíveis 2030. 2017. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/renovabio>. Acesso em: 2022.
41. FRISCHTAK, C.; BELLUZZO, L. Produção de commodities e desenvolvimento econômico: Uma introdução. Produção de commodities e desenvolvimento econômico, p. 9-20, 2014.

42. GUEDES, T. A.; MARTINS, A. B. T.; ACORSI, C. R. L.; JANEIRO, V. Estatística descritiva. Projeto de ensino aprender fazendo estatística, p. 1-49, 2005.
43. GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. Econometria básica-5. Amgh Editora, 2011.
44. HOFFMANN, R. Estatística para economistas. 2017.
45. KLEIN, B. C.; CHAGAS, M. F.; WATANABE, M. D. B.; BONOMI, A. et al. Low carbon biofuels and the New Brazilian National Biofuel Policy (RenovaBio): A case study for sugarcane mills and integrated sugarcane-microalgae biorefineries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 115, p. 109365, 2019.
46. INTERNATIONAL AGENCY OF ENERGY. Biofuels Analysis. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/biofuels>. Acesso em: 01/02/2023.
47. KLOSS, E. C. Transformação do etanol em "commodity": perspectivas para uma ação diplomática brasileira. Fundação Alexandre de Gusmão, 2012.
48. LAZARO, L. L. B.; THOMAZ, L. F. Stakeholder participation in the formulation of Brazilian biofuel policy (RenovaBio). Ambiente & Sociedade, 24, 2021.
49. LIMA, J. R. T.; NEVES, F. A dinâmica sistêmica da internalização da sustentabilidade: estudo de caso em uma usina do setor sucroenergético. Sociologias, 23, p. 238-267, 2022.
50. LOTTA, G. O. Teorias e análises sobre implementação de políticas públicas no Brasil. 2019.
51. MARCOVITCH, J. Para mudar o futuro: mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais. Editora Saraiva, 2006.
52. MICHAELIS. Sustentabilidade. 2023a. Acesso em: 19/01/2023.
53. MICHAELIS. Sustentável. 2023b. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/>. Acesso em: 19/01/2023.
54. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Com US\$ 12,6 bilhões em vendas, exportações do agronegócio batem recorde em novembro. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-us-12-6-bilhoes-em-vendas-exportacoes-do-agronegocio-batem-recorde-em-novembro#:~:text=Com%20esse%20incremento%20no%20quantum,na%20s%C3%A9rie%20hist%C3%B3rica%20desde%201997>. Acesso em: 30/01/2023.
55. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Perguntas e Respostas. 2023. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio/documentos/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 02/02/2023.

56. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. RenovaCalc. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/renovacalc>. Acesso em: 11/02/2023.
57. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. RenovaBio. 2022. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio>. Acesso em: 29/03/2022.
58. MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. Estatística básica. Saraiva Educação SA, 2017.
59. NOVA CANA. O Renovabio vai ser um desafio para todos os elos da cadeia sucroalcooleira. O mais importante elemento de ligação entre usinas e distribuidoras dentro da iniciativa serão os já famosos Créditos de Descarbonização (CBios). 2017. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/eventos/renovabio-impactar-distribuicao-combustiveis-310817>.
60. NOVA CANA. Os três critérios obrigatórios para usinas e canavieiros participarem do Renovabio. 2018. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/meio-ambiente/tres-criterios-obrigatorios-usinas-canavieiros-participarem-renovabio-220518>. Acesso em: 11/02/2023.
61. NOVA CANA. Governo adia cumprimento das metas do RenovaBio de 2022 para setembro de 2023. 2022. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/politica/governo-adia-cumprimento-metas-renovabio-2022-setembro-2023-220722>. Acesso em: 03/02/2023.
62. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Acordo de Paris sobre o clima. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/node/88191>. Acesso em: 20/01/2023.
63. ONU. A ONU e o meio ambiente. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em: 20/01/2023.
64. PEREIRA, B. R.; DE MELLO, L. M.; DOS REIS, D. F.; TAMBOR, J. H. M. PRODUÇÃO DO ETANOL E SUA MITIGAÇÃO DE EMISSÃO DE POLUENTES. Brasil Para Todos-Revista Internacional, 8, n. 1, p. 13-21, 2020.
65. PEREIRA, G.; ROITMAN, T.; GRASSI, C. O planeta, o Brasil e o RenovaBio. Boletim de Conjuntura, n. 8, p. 19-23, 2018.
66. PERES, J. R. R.; JUNIOR, E. D. F.; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. Revista de Política Agrícola, 14, n. 1, p. 31-41, 2005.
67. ROBERTSON, G. P. A sustainable agriculture? Daedalus, 144, n. 4, p. 76-89, 2015.

68. RODRIGUES, G. S. D. S. C.; ROSS, J. L. S. A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental. Edufu, 2020.
69. SALOMAO, T. R.; DOS SANTOS AMARANTE, M. A Evolução do motor a combustão ciclo Otto. Revista Pesquisa e Ação, 4, n. 1, p. 106-113, 2018.
70. SANTOS, R. D. M. E. RODRIGUES, L. RenovaBio e a estratégia ótima de produção e de comercialização pelas usinas de cana-de-açúcar: uma aplicação de programação linear para apoio a tomada de decisão. In: SOBER, 2020, Foz do Iguaçu - PR.
71. SEEG. Emissões totais no Brasil. Disponível em: https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acesso em: 20/01/2023.
72. SILVA, L. R.; DE SOUZA, G. V. A. A psicofera da sustentabilidade no setor sucroenergético: mercantilização das “soluções” aos dilemas ambientais a partir do cultivo flexível. 2019.
73. SOARES, A. A.; ZUKOWSKI JUNIOR, J. C. O Brasil como grande player no mercado mundial de etanol. Revista de Política Agrícola, 30, n. 3, p. 57, 2021.
74. DE SOUZA, Jânio Kleiber Camelo et al. Fertirrigação com vinhaça na produção de cana-de-açúcar. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 11, n. 2, p. 7-12, 2015.
75. TELLES, T. S.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; RIGHETTO, A. J.; RIBEIR, M. R. Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil. Texto para Discussão. 2021.
76. THIELE, L. P. Sustainability. John Wiley & Sons, 2016.
77. TORQUATO, Sergio Alves. Mecanização da colheita da cana-de-açúcar: benefícios ambientais e impactos na mudança do emprego no campo em São Paulo, Brasil. Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online), n. 29, p. 49-62, 2013.
78. UDOP. Usinas e fornecedores de cana duelam por créditos de carbono. 2021. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2021/4/12/usinas-e-fornecedores-de-cana-duelam-por-credito-de-carbono.html>. Acesso em: 31/03/2022.
79. UNICA. Etanol. 2021. Disponível em: <https://unica.com.br/nova-era-da-mobilidade/>. Acesso em: 16/12/2021.
80. UNICA. Etanol, energia sustentável. 2022a. Disponível em: <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/etanol/>. Acesso em: 29/03/2022.

81. UNICA. Observatório da Cana - Painel de certificação, metas e mercado de CBios. 2022b. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/listagem.php?idMn=142>. Acesso em: 03/02/2023.
82. VIVIAN, M. A.; SANTOS, J. R. S. D.; SEGURA, T. E. S.; SILVA JÚNIOR, F. G. D. et al. Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar e suas potencialidades para geração de energia e polpa celulósica. *Madera y bosques*, 28, n. 1, 2022.
83. ZYLBERSZTAJN, D. Agribusiness systems analysis: origin, evolution and research perspectives. *Revista de Administração (São Paulo)*, 52, p. 114-117, 2017.
84. ŻAK, A. TRIPLE BOTTOM LINE CONCEPT IN THEORY AND PRACTICE. *Research Papers of The Wrocław University of Economics/Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego We Wrocławiu*, n. 387, 2015.

ANEXOS

Tabela 8. Recertificações do RenovaBio das unidades produtoras de etanol entre 2019 e 2022

NEEA 1ª certificação	Volume Elegível 1ª certificação	NEEA 2ª certificação	Volume Elegível 2ª certificação	Variação NEEA (%)	Variação Volume (%)	Data 1ª certificação	Data 2ª certificação	Período entre as certificações em dias	Período entre as certificações em anos
66,50	55,99	58,40	95,40	-12,19%	70,39%	11/02/2020	09/02/2021	364	1,00
60,50	75,99	63,48	86,22	4,93%	13,46%	05/06/2020	08/03/2021	276	0,76
59,05	98,41	60,29	98,77	2,10%	0,37%	29/04/2020	08/03/2021	313	0,86
61,70	97,66	61,85	97,87	0,24%	0,22%	06/04/2020	16/03/2021	344	0,94
57,65	99,34	59,15	99,04	2,59%	-0,30%	31/01/2020	13/04/2021	438	1,20
53,85	97,84	66,94	98,35	24,31%	0,52%	31/01/2020	16/04/2021	441	1,21
67,00	100,00	63,99	100,00	-4,49%	0,00%	05/05/2020	20/04/2021	350	0,96
51,10	97,43	63,73	97,57	24,72%	0,14%	27/01/2020	04/05/2021	463	1,27
61,75	49,95	60,20	46,03	-2,51%	-7,85%	15/05/2020	07/01/2022	602	1,65
54,25	64,61	57,24	77,60	5,50%	20,11%	29/04/2020	03/09/2021	492	1,35
45,90	99,41	52,51	91,90	14,40%	-7,55%	06/04/2020	20/09/2021	532	1,46
60,75	96,19	60,00	96,93	-1,24%	0,77%	09/04/2020	15/10/2021	554	1,52
52,45	88,68	53,94	90,36	2,83%	1,89%	12/05/2020	15/10/2021	521	1,43
63,30	47,20	58,38	92,22	-7,78%	95,38%	22/05/2020	11/11/2021	538	1,47
51,70	91,64	59,60	91,02	15,28%	-0,68%	29/05/2020	11/11/2021	531	1,45
49,00	65,81	48,90	85,28	-0,21%	29,59%	30/03/2020	28/12/2021	638	1,75
64,30	93,94	64,86	95,19	0,86%	1,33%	24/04/2020	03/03/2022	678	1,86
61,95	61,00	60,33	78,09	-2,62%	28,02%	19/03/2020	18/03/2022	729	2,00
63,95	74,02	62,26	74,97	-2,65%	1,28%	24/04/2020	21/03/2022	696	1,91
61,50	52,90	56,85	75,42	-7,56%	42,57%	24/04/2020	25/03/2022	700	1,92
58,55	82,82	54,51	48,89	-6,91%	-40,97%	24/03/2020	31/03/2022	737	2,02
54,55	94,34	57,29	96,19	5,01%	1,96%	24/03/2020	08/04/2022	745	2,04
54,75	100,00	59,13	94,16	8,00%	-5,84%	20/02/2020	14/04/2022	784	2,15
58,40	97,96	59,33	97,09	1,59%	-0,89%	13/03/2020	14/04/2022	762	2,09
60,20	99,43	64,77	97,16	7,59%	-2,28%	05/02/2020	26/04/2022	811	2,22

60,10	100,00	61,89	99,72	2,97%	-0,28%	13/03/2020	26/04/2022	774	2,12
62,30	97,30	62,06	98,66	-0,39%	1,40%	24/03/2020	05/05/2022	772	2,12
58,95	95,36	60,38	99,67	2,42%	4,52%	05/02/2020	17/05/2022	832	2,28
59,40	99,19	62,67	99,56	5,51%	0,37%	27/01/2020	23/05/2022	847	2,32
67,60	83,51	68,04	87,76	0,65%	5,09%	17/06/2020	26/05/2022	708	1,94
59,45	35,52	64,03	42,48	7,70%	19,59%	28/12/2020	05/05/2022	493	1,35
61,25	96,17	62,50	99,23	2,03%	3,18%	22/05/2020	03/06/2022	742	2,03
55,40	86,85	58,97	93,56	6,44%	7,73%	18/06/2020	08/06/2022	720	1,97
59,00	95,93	63,82	93,92	8,17%	-2,10%	18/06/2020	08/06/2022	720	1,97
50,80	77,51	55,40	92,31	9,06%	19,09%	29/05/2020	08/06/2022	740	2,03
53,35	74,77	54,06	77,08	1,33%	3,09%	08/09/2020	12/06/2022	642	1,76
58,65	95,44	62,53	98,33	6,61%	3,03%	11/02/2020	12/06/2022	852	2,33
68,10	95,74	64,04	94,75	-5,96%	-1,03%	20/02/2020	12/06/2022	843	2,31
57,40	97,60	58,16	95,27	1,32%	-2,39%	29/05/2020	14/06/2022	746	2,04
53,70	96,75	56,14	97,16	4,54%	0,42%	22/05/2020	14/06/2022	753	2,06
60,40	90,53	63,35	99,04	4,88%	9,40%	05/06/2020	14/06/2022	739	2,02
62,80	95,55	64,13	96,71	2,12%	1,21%	22/05/2020	21/06/2022	760	2,08
55,50	92,34	59,21	96,45	6,68%	4,45%	18/06/2020	21/06/2022	733	2,01
61,90	84,36	60,38	92,66	-2,46%	9,84%	29/05/2020	06/07/2022	768	2,10
60,85	75,39	66,38	82,39	9,08%	9,29%	05/06/2020	14/08/2022	800	2,19
39,28	95,61	47,68	97,01	21,38%	1,46%	24/03/2021	25/08/2022	519	1,42
70,70	100,00	65,03	84,91	-8,02%	-15,09%	20/04/2020	29/08/2022	861	2,36
59,70	96,33	63,46	95,05	6,30%	-1,33%	18/02/2020	31/08/2022	925	2,53
68,25	91,32	61,62	88,60	-9,71%	-2,98%	18/02/2020	15/09/2022	940	2,58
65,20	96,84	62,73	97,60	-3,80%	0,78%	18/02/2020	30/09/2022	955	2,62
56,80	94,29	60,43	92,07	6,39%	-2,35%	05/06/2020	08/10/2022	855	2,34
48,15	76,61	50,14	72,81	4,13%	-4,96%	05/06/2020	08/10/2022	855	2,34

59,55	89,25	62,44	94,23	4,84%	5,58%	26/06/2020	08/10/2022	834	2,28
50,00	93,74	62,28	97,09	24,56%	3,57%	16/09/2020	08/10/2022	752	2,06
66,40	96,83	64,83	98,63	-2,36%	1,86%	18/02/2020	10/10/2022	965	2,64
62,85	96,19	65,65	99,42	4,45%	3,36%	14/11/2019	19/10/2022	1070	2,93
60,45	92,73	61,02	96,14	0,94%	3,68%	22/05/2020	21/10/2022	882	2,42
62,30	95,53	61,95	96,06	-0,56%	0,55%	06/04/2020	25/10/2022	932	2,55
66,60	100,00	62,23	99,80	-6,57%	-0,20%	18/11/2019	26/10/2022	1073	2,94
53,45	91,24	55,97	94,39	4,71%	3,45%	19/03/2020	26/10/2022	951	2,61
55,80	95,96	54,88	93,91	-1,66%	-2,14%	12/06/2020	01/11/2022	872	2,39
62,40	53,62	63,49	62,98	1,74%	17,46%	13/10/2020	01/11/2022	749	2,05
63,30	91,82	64,55	97,89	1,97%	6,61%	24/05/2020	03/06/2022	740	2,03
51,40	98,54	52,49	90,78	2,11%	-7,87%	29/05/2020	08/06/2022	740	2,03
46,70	79,42	52,10	92,35	11,56%	16,28%	29/04/2020	10/11/2022	925	2,53
46,22	94,44	51,14	96,07	10,64%	1,73%	24/03/2021	22/11/2022	608	1,67
60,70	91,34	63,11	95,08	3,96%	4,09%	17/06/2020	24/11/2022	890	2,44
67,00	97,05	58,83	95,53	-12,19%	-1,57%	11/11/2020	24/11/2022	743	2,04
52,66	16,01	51,81	68,71	-1,61%	329,17%	11/05/2021	24/11/2022	562	1,54
63,90	89,08	65,47	94,51	2,46%	6,10%	06/04/2020	25/11/2022	963	2,64
66,20	95,49	59,34	92,80	-10,37%	-2,82%	19/03/2020	05/12/2022	991	2,72
63,80	83,89	63,51	76,94	-0,45%	-8,28%	29/04/2020	05/12/2022	950	2,60
63,70	97,88	63,03	99,49	-1,06%	1,64%	14/01/2020	12/12/2022	1063	2,91
45,80	87,81	47,83	87,36	4,42%	-0,51%	06/04/2020	12/12/2022	980	2,68
66,55	98,99	63,67	97,31	-4,34%	-1,70%	20/02/2020	14/12/2022	1028	2,82
70,00	90,77	64,41	92,63	-7,99%	2,05%	19/03/2020	19/12/2022	1005	2,75
58,90	87,25	57,10	96,03	-3,06%	10,06%	30/03/2020	19/12/2022	994	2,72
49,80	86,54	51,00	90,72	2,41%	4,83%	29/04/2020	20/12/2022	965	2,64
61,90	100,00	66,72	100,00	7,78%	0,00%	29/04/2020	23/12/2022	968	2,65
63,80	95,62	67,47	98,02	5,75%	2,51%	16/01/2020	29/12/2022	1078	2,95

Fonte: Elaborada pela autora com dados da ANP, 2022