O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.



BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano VI | Volume 18 | Nº 52 | Boa Vista | 2024

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.11157270

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

RENOVABIO NO NORTE E NORDESTE DO BRASIL: UM CASO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA?

Milton Santos Campelo[1]

Rogerio Boueri Miranda[2]

Mathias Schneid Tessmann[3]

Luiz Augusto Ferreira Magalhães[4]

Resumo

O objetivo do estudo é analisar o desempenho energético e econômico da agroindústria sucroenergética de etanol de primeira geração dos estados do norte e nordeste, no contexto de políticas de descarbonização. Foi feita a coleta de dados secundários, disponibilizados em fontes reconhecidamente oficiais, também no exame bibliográfico e de prova documental, de viés técnico e científico, como artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, periódicos e livros, fazendo-se a interação dos dados obtidos e o foco da presente pesquisa. Os resultados apontam que no ano de 2020 o total de etanol produzido foi na ordem de 32,6 bilhões de litros, mesmo assim, com decréscimo de 9,5% em relação ao ano de 2019, e que a produção de açúcar apresentou um aumento de 39%, alcançando 41,5 milhões de toneladas, com exportações com crescimento de 71,7% ou 13,9 milhões de toneladas, resultando em dois recordes históricos na linha do tempo. Conclui-se que esse mercado apresenta um potencial de uma maior participação de pessoas físicas e de pessoas jurídicas não obrigadas, pois o CBIO ainda não está regulado como um produto listado em Bolsa, portanto, necessita avançar etapas no mercado de capitais, como aumentar sua liquidez e ter uma curva futura de preços através do desenvolvimento de derivativos.

Palavras-chave: Agroindústria Sucroenergética; Biocombustíveis; Etanol de Primeira Geração.

Abstract

The study aims to analyze the energy and economic performance of the first-generation ethanol sugarcane agribusiness in the northern and northeastern states in the context of decarbonization policies. Secondary data collection was conducted, sourced from recognized official sources, along with a bibliographic review and documentary evidence examination with a technical and scientific bias, such as scientific articles, master's dissertations, doctoral theses, journals, and books, integrating the obtained data with the focus of the present research. The results indicate that in 2020, the total ethanol produced amounted to 32.6 billion liters, nevertheless, experiencing a decrease of 9.5% compared to 2019, while sugar production showed an increase of 39%, reaching 41.5 million tons, with exports growing by 71.7% or 13.9 million tons, resulting in two historical records in the timeline. It is concluded that this market presents the potential for greater participation from individuals and non-obligated legal entities, as the CBIO is not yet regulated as a listed product on the Exchange, thus needing to advance stages in the capital market, such as increasing its liquidity and having a future price curve through the development of derivatives.

Keywords: Biofuels; First-Generation Ethanol; Sugarcane Agroindustry.

[1] Engenheiro Agrônomo. Mestre em Economia pelo Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP). E-mail: milton.campelo@uol.com.br

[2] Professor do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP). Doutor em Economia pela University of Maryland. E-mail: rogerio.miranda@idp.edu.br

[3] Pesquisador do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP). Doutor em Economia pela Universidade Católica de Brasília (UCB). E-mail: mathias.tessmann@idp.edu.br

[4] Pesquisador do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP). Doutor em Economia pela Universidade Católica de Brasília (UCB). E-mail: luiz.magalhaes@idp.edu.br

INTRODUÇÃO

A capacidade de sobrevivência dos seres humanos está relacionada diretamente à sua competência em detectar e explorar as fontes de energia disponíveis. Em razão do interesse crescente com questões ambientais, ganha força a busca de alternativas de energia renováveis, menos poluentes de baixo carbono com reflexos econômicos. Produtos que serviam apenas como fonte de alimento, como a cana-de-açúcar, foram sendo gradualmente destinados ao fornecimento de energia. Dentre eles, o etanol vem contribuindo na superação de crises energéticas desde os anos de 1970, conquistando relevância internacional na redução dos impactos negativos do efeito estufa oriundo da queima de combustíveis fósseis.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO-92, se introduz mecanismos econômicos relacionados a políticas ambientais, com o objetivo de estabilização da emissão desenfreada dos gases de efeito estufa (GEE), para mitigar danos ao clima mundial. Também, durante a COP-3, Convenção Quatro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, as Conferências das Partes (COP), em Quioto no Japão em 1997, foi estabelecido um protocolo de procedimentos para as economias industrializadas, com metas acerca da emissão de gases de efeito estufa (GEE), lançando as bases para a criação de um mercado de carbono. Foi na França, em 2015, através da Conferência das Partes (COP-21), que ocorreu a formalização do Acordo de Paris, cujo principal objetivo fortalece a necessidade de soluções face às ameaças anunciadas pela mudança climática. Noventa e dois países já haviam apresentado a precificação de carbono como alternativa de mitigação.

As iniciativas em precificação de carbono estão em diferentes fases no mundo. O êxito do mecanismo escolhido é dependente da aceitação política, do apoio geral da sociedade e dos impactos apurados através de indicadores socioeconômicos. Com o Protocolo de Quioto em 1997 e o Acordo de Paris em 2015, o etanol se fortalece como alternativa de energia limpa, favorecendo os produtores brasileiros, uma vez que o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar e o segundo maior produtor de etanol, e isso decorre da combinação de vários fatores como a tradição secular de cultivo, condições favoráveis de solo, clima e extensão territorial.

Entre os países em desenvolvimento, o Brasil foi o primeiro a assumir metas de redução das emissões de GEE, com base no Acordo de Paris, via precificação de carbono, através da Lei 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que cria a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), que garante a produção de biocombustíveis, com base em parâmetros de sustentabilidade econômica, financeira e ambiental. O Brasil assumiu o compromisso de redução de emissões de GEE em 37% até 2025, 43% até

2030 e zero até 2050, usando como referência as emissões do ano de 2005. Sabe-se que essas metas, no contexto global, são insuficientes para limitar o aumento da temperatura média em 1,5% acima dos níveis dos anos pré-industriais.

Além das vantagens comparativas da lavoura canavieira, a implementação do RenovaBio revitaliza e torna competitiva a produção de etanol combustível. Para atingir seus objetivos estratégicos, o Renovabio estabeleceu metas de descarbonização para o setor de combustíveis, desdobradas em metas obrigatórias para cada distribuidora. Os produtores de etanol credenciados pela ANP, recebem notas que são inversamente proporcionais ao lançamento de gás carbônico (CO2) durante seu processo de produção agroindustrial e asseguram a emissão de Créditos de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIO), equivalente a uma tonelada de CO2, sendo um ativo de natureza financeira, adquiridos pelas distribuidoras, como mecanismo de comprovação do cumprimento de suas metas compulsórias.

Trata-se de uma estratégia bem articulada de descarbonização da atmosfera com viés econômico dos mais ambiciosos do mundo, assegurando previsibilidade para o mercado, com metas anuais de redução das emissões de CO2, particionadas em cotas individuais para as distribuidoras de combustíveis, em um horizonte temporal inicial de 10 anos e que deve estimular outros setores da economia na proteção ao clima.

Os Créditos de Descarbonização (CBIO) é uma inovação da política energética, constituindo-se em uma fonte de renda adicional à agroindústria de biocombustíveis, recebem valor único definido pelo mercado e a unidade produtiva (UP) que apresentar maior eficiência energética tende a obter maior retorno econômico, negando assim o falso dilema entre salvar empresas ou salvar o meio ambiente.

A operacionalização da estratégia acentua os impactos decorrentes de suas externalidades positivas obtidos pelo menor lançamentos de gases tóxicos à saúde humana. Experiências semelhantes adotadas nos Estados Unidos da América e por países Europeus. A Califórnia, utiliza o *Low Carbon Fuel Standard (LCFS)*, um conjunto de metas de redução de carbono, com diferentes rotas tecnológicas. Isso inspirou a política energética brasileira ao assumir a meta de reduzir em dez por cento a Intensidade de Carbono (IC), da matriz de combustíveis fósseis, até o ano de 2030, tomando como base os níveis do ano de 2018, esperando mitigar em menor lançamento de seiscentos e vinte milhões de toneladas de gás carbônico equivalentes na atmosfera no intervalo dos anos 2020 a 2030.

Considerando todos esses aspectos, a presente pesquisa objetiva analisar o desempenho energético e econômico da agroindústria sucroenergética de etanol de primeira geração dos estados do norte e nordeste no contexto de políticas de descarbonização, comparando a base de unidades produtoras (UPs) com a base de unidades certificadas, após mais de dois anos de operacionalização da Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio). Para tanto, foi utilizada a coleta de dados secundários,

disponibilizados em fontes reconhecidamente oficiais, também no exame bibliográfico e de prova documental, de viés técnico e científico, como artigos científicos, dissertação de mestrado, teses de doutorado, periódicos e livros, fazendo-se a interação dos dados obtidos e o foco da presente pesquisa.

Para alcançar os objetivos da pesquisa, o estudo está organizado em várias seções, sendo fundamentado em um referencial teórico e bibliográfico que respalda a metodologia operacional adotada, exploratória, dedutiva e estatística, envolvendo a coleta, tratamento, análise dos dados e apresentação dos resultados e conclusões pertinentes, conforme fica demonstrado na sequência.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para que os biocombustíveis sejam produzidos é preciso considerar alguns fatores externos à produção em si. Evidências demonstram que aumentos nos preços do petróleo incentivam significativamente a inovação em biocombustíveis, pois a elasticidade do número de grupos de patentes em biocombustíveis em relação aos preços do petróleo é maior que 1, e se mantém tanto em nível de países quanto em nível de empresas. Cabe ressaltar que o efeito não foi causado pelo contágio dos preços do petróleo para os preços dos cereais utilizados como insumos de produção. (GUILLOUZOUIC-LE COURFF, 2018). Outras evidências, ilustradas através do exemplo do programa norte-americano *Renewable Fuel Standard,* sugerem que a incerteza nos mercados de combustíveis convencionais e a incerteza no status do programa influenciam os incentivos para entrada e saída do mercado de biocombustíveis de diferentes maneiras, e ajustes anuais no padrão, juntamente com a imprevisível expiração e reintegração dos créditos fiscais para misturadores, podem desencorajar investimentos em biocombustíveis e minar a eficácia do programa (MARKEL *et al*., 2018).

Sobre instrumentos de políticas para incentivar a produção, subsídios e mandatos, evidencias demonstram que a falta de coordenação nas decisões de mandato e subsídio leva a diversos resultados subótimos. Em particular, a falta de coordenação de políticas, quando combinada com a superestimação do desenvolvimento da indústria, pode resultar em níveis de mandato e subsídio inferiores aos socialmente desejáveis, o que por sua vez prejudica ainda mais o desenvolvimento da indústria de biocombustíveis (WANG *et al.*, 2017).

Evidências sugerem que as políticas relacionadas aos biocombustíveis exercem uma influência considerável nas mudanças das correlações entre os choques de preço e o sentimento dos consumidores ao longo do tempo. O momento após a implementação das políticas de biocombustíveis possui um impacto notável nas reações dos consumidores em relação às flutuações nos preços do óleo vegetal. Em uma análise para vários países, evidenciou-se que embora a maioria das nações mostrem uma piora no

sentimento do consumidor com os aumentos de preço, Alemanha e China observam um aumento no sentimento do consumidor. Também, observou-se que as políticas de biocombustíveis amplificam esses efeitos relatados na confiança do consumidor em todos os países estudados (DECLERCK *et al.*, 2023).

No Brasil, evidências mostram que informar os consumidores sobre E2G, portanto, aumentaria a probabilidade de adoção. Os consumidores estão dispostos a pagar um prêmio de 8,5% pela gasolina misturada com Etanol de segunda geração (E2G), que é suficiente para utilizar até 62,5% de E2G no combustível misturado atualmente mandatado de E27 sem a necessidade de apoio ou subsídios governamentais. Os resultados também sugeriram que consumidores mais informados sobre biocombustíveis e com renda mais alta têm mais probabilidade de pagar um prêmio por E2G (GARCIA, 2022).

Agora sobre o etanol, no Brasil, existem evidências de que a demanda por etanol é altamente sensível a fatores macroeconômicos. De acordo com tais estimativas, a demanda pode se elevar entre 37,4 e 70,7 bilhões de litros até 2030, representando um acréscimo de 13% a 114% em relação à produção de 2018, contribuindo com uma expansão na área de cana-de-açúcar entre 1,2 e 5 milhões de hectares, 14% a 58% acima do uso da terra em 2018. Também, sugerem que a demanda futura por etanol no Brasil não deverá afetar substancialmente a produção de alimentos nem a floresta nativa. No entanto, esse resultado dependerá do cumprimento do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar pelo setor de etanol no Brasil (ANDRADE JUNIOR *et al*., 2019).

Neste sentido, considerando políticas públicas, a partir de diferentes mesclas de políticas de incentivo a partir de instrumentos mandatários e impostos cobrados sobre investimentos em capacidade produtiva de gasolina, etanol hidratado e anidro, e na produção e consumo de etanol, evidencia-se que um aumento no imposto sobre a gasolina leva ao maior aumento de investimentos em capacidade de processamento de cana-de-açúcar. Ademais, um imposto sobre a gasolina acima de 1,23 R$/litro e uma isenção de impostos para o etanol hidratado podem levar ao dobramento da produção de etanol até 2030 em relação a 2016 (MONCADA *et al*., 2018).

Ainda sobre políticas públicas no Brasil, outras investigações mostram que o setor de energia da cana-de-açúcar vem enfrentando falta de investimento e as políticas imprevisíveis de preços dos combustíveis distorcem os mercados, desencorajando novos investimentos. O Renovabio, se apresenta como um importante indutor de ganho nos diversos segmentos da sociedade, do meio ambiente e da economia (MELO, 2018). Sobre a regulação do biocombustível no Brasil é objeto de estudo de Fazzi *et al*. (2020), quando faz um paralelo com os Estados Unidos no aspecto da regulação de processos de produção. No Brasil, com mais de 40 anos de experiência, os objetivos eram controlar os desequilíbrios no balanço de pagamentos decorrentes dos choques do petróleo e na manutenção da atividade

econômica, enquanto nos EUA, com 15 anos de operacionalização, o foco foi na redução da emissão de gases de efeito estufa.

O debate em torno da transição energética decorre dos efeitos adversos das mudanças climáticas e suas externalidades, com fortes impactos no desenvolvimento sustentável em níveis globais. As políticas mitigatórias apresentam benefícios superiores aos seus custos decorrentes de sua implementação (STERN, 2006).

De acordo com Maroun (2007), os impactos ocasionados pelas mudanças climáticas podem afetar de forma negativa o meio ambiente, incluindo a saúde humana, as atividades econômicas, a segurança alimentar, os recursos naturais e as infraestruturas.

O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), destaca que para abrandar as mudanças do clima e o desencadeamento de consequências mais rigorosas, com limite de aquecimento global em 1,5 graus Celsius, deverão ser adotadas medidas mais intensas para minimizar as emissões de gases provocadores de efeito estufa nas atividades econômicos (IPCC, 2018).

Os custos dessas emissões ainda carecem de informações seguras e dessa forma resulta em um preço final não ótimo de produtos e serviços no aspecto social e ambiental, sendo uma externalidade entendida como uma falha de mercado que desvirtua as políticas regulatórias, se caracterizando como uma fonte de alocação ineficiente de recursos econômicos (EPE, 2020b).

A imposição desse efeito externo negativo ou positivo, resulta de atividade que impacta, prejudicando ou beneficiando terceiros não envolvidos nela diretamente, gerando efeito colateral adverso ou benéfico que decorre da produção ou consumo de serviços ou bens sem que seja feito nenhum pagamento que acabam não sendo inseridos no sistema geral de preços (BARATA, 2001).

Com Arthur Pigou (1924) inicia-se a análise da poluição ambiental como uma externalidade em que a intervenção ou regulação estatal é essencial e determinante, seja através da aplicação de punitiva compensação financeira ou através de proposição de precificação de preços regulado pelo próprio mercado como o que se atesta para o mercado de carbono.

Nessa causa há relevante contribuição de Ronald Coase (1960), ao considerar os direitos de propriedade, defende a negociação direta entre os agentes econômicos de mercado, garantindo uma eficiente intermediação dos efeitos externos de suas atividades. A partir do claro significado do conceito de direitos de propriedade os atores econômicos se articulam na busca da obtenção do ótimo alcance de externalidade.

Em termos de evidências empíricas, resultados para a China mostram que a tributação do carbono estava positivamente correlacionada a um aumento de 30% no consumo de bioenergia. No entanto, isso se estabiliza em torno de 20% a longo prazo. Os resultados mostram que um aumento de

uma unidade no imposto sobre o carbono está associado a uma redução de 0,75% nas emissões de carbono. Além disso, o estudo revela um efeito positivo do consumo de biocombustível no crescimento econômico verde (ZHANG; HUANG, 2024). Quanto ao instrumento a ser utilizado para a realização de uma transição suave para o consumo de energias limpas, Whiskich (2024) avalia a taxação de carbono e subsídios diretos por meio de simulações de longo prazo e encontra resultados mistos, principalmente dependendo do prazo de vigência do instrumento, em que a taxação de carbono funcionaria melhor para implantação até 2050, e após este período, ambos se tornam mais adequados dependendo dos demais parâmetros.

Ainda sobre ambientais, avaliando políticas mandatárias para a União Europeia, evidências empíricas mostram que elas estão impulsionando o consumo de biocombustíveis e estão correlacionadas com reduções de emissões de gases causadores de efeito-estufa. Também foram encontrados resultados de que as reduções das políticas mandatárias têm sido eficazes em incentivar biocombustíveis de alto desempenho. Quanto aos preços históricos dos combustíveis, não foram observados uma correlação clara entre a participação da produção de cada país em biocombustíveis e os preços dos combustíveis para o consumidor, enquanto o preço global do petróleo tem um impacto considerável. Sobre a produção de biocombustíveis, a demanda aumentada impulsiona investimentos na UE, mas quando se trata de localização de novas plantas, fatores como infraestrutura local são mais importantes do que mandatos nacionais (LUNDBERG *et al*., 2023).

A transmutação da externalidade climática negativa em toneladas equivalentes de carbono permite uma operacionalização mais clara e eficiente de políticas regulatórias sobre danos ambientais e sua parametrização tem consequências relevantes em relação a diferenciações tecnológicas e econômicas das plantas de produção industrial de biocombustíveis e seu acesso ao mercado de carbono (MORENO *et al*., 2016). A experiência brasileira, como uma inovação verde, para Gramkow e Anger-Kraavi (2019), tem como definição a introdução de um produto novo no mercado e que reduz a externalidade negativa ambiental com interações positivas no âmbito econômico e como externalidade positiva da inovação verde (CEPAL, 2019).

METODOLOGIA

A metodologia está respaldada em coleta de dados secundários, disponibilizados em fontes reconhecidamente oficiais, também no exame bibliográfico e de prova documental, de viés técnico e científico, como artigos científicos, dissertação de mestrado, teses de doutorado, periódicos e livros, fazendo-se a interação dos dados obtidos e o foco da presente pesquisa.

Inicialmente, os dados coletados foram organizados e categorizados de acordo com os principais parâmetros relevantes para a análise do desempenho energético e econômico da agroindústria sucroenergética, como produção, quantidade de CBIOS negociados e aposentados, dentre outros. Em seguida, utilizamos métodos estatísticos e técnicas de análise quantitativa para identificar padrões, tendências e relações significativas entre as variáveis estudadas. Além disso, adotamos uma abordagem qualitativa para interpretar e contextualizar os resultados obtidos, considerando os aspectos econômicos e ambientais associados à produção de etanol de primeira geração nessas regiões.

Foram utilizadas fontes oficialmente reconhecidas, tais como relatórios governamentais, bancos de dados públicos e instituições de pesquisa renomadas para coletar informações relevantes sobre a agroindústria sucroenergética nos estados do norte e nordeste. Além disso, realizamos uma revisão da literatura técnico-científica, incluindo artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, periódicos especializados e livros pertinentes ao tema. Essa abordagem nos permite obter uma ampla gama de dados fundamentais para uma análise precisa e robusta.

Em sua execução adotou-se métodos científicos de forma sistemática e racional conforme Bunge (1980), desde a definição do problema a utilização de instrumentos de medição disponíveis, em especial aqueles divulgados pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Bolsa de Valores do Brasil (B3), Ministério de Minas e Energia (MME), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), dentre outras, bem como organizações do setor como a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA), Sindicato de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Maranhão e Pará (SINDICANALCOOL) e Observatório da Cana,

Fontes e informações permitiram alcançar o objetivo central da pesquisa que é a análise do desempenho energético e econômico da agroindústria sucroenergética de etanol de primeira geração dos estados do norte e nordeste, comparando a base de unidades produtoras de etanol autorizadas, com a base de unidades certificadas pelo RenovaBio, que permite testar a hipótese inicial de que há razoável diferenciação entre as UPs nos níveis de elegibilidade, intensidade de carbono, nota de eficiência energética e fator CBIO, gerando resultados econômicos diversos, que pode decorrer de variáveis ambientais e econômicas, associadas aos parâmetros de seleção de beneficiários e de comercialização dos ativos.

Aplicou-se os métodos dedutivo e estatístico, fundamentada em pesquisa exploratória uma vez que se trata de um tema ainda recente nas discussões acadêmicas e tem o propósito de expandir a compreensão sobre um determinado evento que pode ser explicado cientificamente (ZANELLA, 2009).

São abordagens em boa medida intuitivas em face de minimização de notação técnica, mas amplamente utilizada em economia e aqui confrontadas com a realidade operacional das unidades produtivas de etanol de primeira geração que resulta em uma avaliação de desempenho pragmática por atender ao atual estágio do Renovabio e sua limitação temporal de um pouco mais de dois anos de funcionalidade.

A pesquisa tem respaldo na análise rigorosa dos parâmetros que garantem a obtenção da Certificação no RenovaBio que é resultado do exame de todo o ciclo de vida da produção de etanol hidratado ou etanol anidro, cujos critérios foram definidos através da Lei 13.576/2017, que criou a Política Nacional de Biocombustíveis, a saber:

i) Elegibilidade;
ii) Intensidade de Carbono (IC);
iii) Fator CBIO;
iv) Nota de Eficiência Energética Ambiental (NEEA).

Complementarmente adicionou-se um exame sobre:

i) Seleção de Beneficiários ao Renovabio;
ii) Metas Obrigatórias de Compra de CBIOS;
iii) Comercialização de CBIOS.

RESULTADOS

Panorama de certificação de unidades produtivas (UPs)

É função do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), formular as políticas bem como as diretrizes de energia no país. Com relação ao RenovaBio, ficou definida duas macrorregiões territoriais: Centro-Sul e Norte-Nordeste. Para efeito de parametrização a Tabela 1 apresenta o panorama geral de UPs credenciadas no RenovaBio em relação à base autorizada em EIGC, à nível Brasil, Centro-Sul e Norte-Nordeste.

Fica evidenciada a expressiva base de UPs da microrregião Centro-Sul, Autorizadas, Credenciadas no RenovaBio, como em Construção e Ampliação. A primeira certificação foi emitida em outubro de 2019 e até então, do total de usinas autorizadas (336), o setor sucroenergético apresenta (256) UPs certificadas. Todas as agroindústrias full de cana-de-açúcar, produtoras de etanol de primeira geração (E1GC).

A macroregião Norte-Nordeste possui 16% da base de produção nacional de etanol de primeira geração e 14% da base de UPs certificadas. Fica demonstrado o menor poder de produção e inferior número de certificações quando considerada a totalização de plantas industriais autorizadas. Constata-se que Ceará e Sergipe não possuem UPs credenciadas no RenovaBio, apesar deste último Estado deter a 4ª maior posição dentre os 11 estados pesquisados.

Estes investimentos podem auxiliar o Brasil a lidar com eventuais aumentos do preço do petróleo, pois, tal como o evidenciado por Guillouzouic-Le Courff (2018), tais aumentos tendem a elevar o nível de investimentos em nova capacidade produtiva de biocombustíveis.

Tabela 1 - UPs de E1GC autorizadas, credenciadas, em ampliação e construção (2022)

	Autorizadas (A)	Credenciadas Renovabio (B)	Percentual (B/A)	UP em Construção	UP em Ampliação
Brasil	336	256	76%	50	21
Centro-Sul	281	219	78%	49	15
Norte-Nordeste	55	37	55%	01	06
Alagoas	17	11	68%	00	02
Bahia	04	04	100%	01	01
Ceará	01	0	0%	00	00
Maranhão	04	02	50%	00	01
Pará	01	01	100%	00	00
Paraíba	07	06	85%	00	01
Pernambuco	12	09	75%	00	01
Piauí	01	01	100%	00	00
RG do Norte	03	02	66%	00	00
Sergipe	05	00	00%	00	00
Tocantins	01	01	100%	00	00

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: ANP e Observatório da Cana (2022).

Desempenho energético das unidades produtivas (UPs) de etanol de primeira geração (E1GC) do norte e nordeste

A Certificação no RenovaBio é resultado do exame acurado das atividades que se constituem no ciclo de vida que leva a produção de etanol, desde o preparo da área de cana-de-açúcar até a fase pós industrial, através dos critérios de Elegibilidade, Intensidade de Carbono (IC), Fator CBIO e Nota de Eficiência Energética Ambiental (NEEA), calculados através da ferramenta RENOVACALC, desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e homologada como plataforma oficial do RenovaBio, que mede a Intensidade de Carbono (IC) para a obtenção de biocombustíveis e que se reflete na Nota de Eficiência Energética-Ambiental (NEEA). Quanto maior IC menor NEEA.

A combinação da NEEA com o volume de biocombustível elegível comercializável irá resultar nos Créditos de Descarbonização (CBIOS), que se transformam em receita para as UPs de etanol. Conceitualmente:

I. **Elegibilidade**: é o valor (%), que representa a parte do biocombustível certificado apto a receber a NEEA e que é proveniente do volume originado da biomassa de cana-de-açúcar, de área que não tenha ocorrido o desmatamento da vegetação nativa, após o dia de vigência da Resolução da ANP Nº 758, ou seja, 23.11.2018, e ainda, que apresente o *status* junto ao Cadastro Ambiental Rural (CAR);

II. **Intensidade de Carbono (IC)**: resulta do lançamento de gases causadores do efeito estufa no decorrer do tempo de vida da produção do biocombustível, medido e exprimida em unidade de energia, em graus de gás carbônico equivalente por Megajoule (gCO2eq/MJ).

III. **Nota de Eficiência Energética Ambiental (NEEA)**: medida em grama de gás carbônico equivalente por Megajoule ou (gCo2eq/MJ), lançado no Certificado de Produção Eficiente de Biocombustíveis da unidade produtiva e demonstra a diferença encontrada entre o nível de Intensidade de Carbono (IC) do produtor de etanol e o índice de Intensidade de Carbono (IC) do combustível fóssil, neste caso a gasolina. Portanto, a diferença de emissões de gás carbônico entre os combustíveis limpos e fósseis;

IV. **Fator CBIO**: volume necessário de etanol carburante comercializado para emissão de 1 CBIO. A nota de eficiência energética-ambiental define o peso do Fator CBIO em combinação com a parte fracionada do volume de biocombustível elegível. 01 (um) ativo CBIO corresponde a uma tonelada de CO2 equivalente, na relação economia e ambiente.

A Tabela 2 evidencia que as UPs do Norte-Nordeste apresentam parâmetros de eficiência energética abaixo da performance da macrorregião Centro-Sul, nos critérios de Elegibilidade, Intensidade de Carbono, NEEA e Fator CBIO.

Tabela 2 - Comparação do desempenho energético das UPs de etanol de primeira geração (E1GC) dos estados do Norte-Nordeste

Base	Autorizadas (A)	Certificadas Renovabio (B)	(B/A)	Certificação em Curso	Elegibilidade	NEEA	IC	Fator CBIO
Brasil	336	256	76%	03	92%	59,6	27,8	836
Centro-Sul	281	219	78%	02	93%	59,8	27,6	821
Norte-Nordeste	55	37	67%	01	73%	56,8	30,6	1.107
Alagoas	17	11	68%	00	73%	56,6	30,8	1.119
Bahia	04	04	100%	00	76%	57,5	29,9	1.041
Ceará	01	0	0%	00	00%	00	00	00
Maranhão	04	02	50%	00	100%	50,3	37,1	894
Pará	01	01	100%	00	89%	64,7	22,7	785
Paraíba	07	06	85%	00	63%	57,7	29,7	1.263
Pernambuco	12	09	75%	01	57%	56,4	31,0	1.416
Piaui	01	01	100%	00	74%	63,9	23,5	969
RG do Norte	03	02	66%	00	67%	59,6	27,8	1.146
Sergipe	05	00	00%	00	00%	00	00	00
Tocantins	01	01	100%	00	92%	54,3	33,1	918

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: ANP e Observatório da Cana (2022).

As perdas de eficiência energética das Unidades Produtivas do Norte-Nordeste têm reflexo no desempenho econômico de CBIOS. Menos ativos, menor oferta no mercado. As UPs de Pernambuco apresentam a mais baixa Elegibilidade (57%) da cana produzida apta para os critérios RenovaBio, com quase (50%) de perda para os parâmetros CBIO. Com Intensidade de Carbono (IC) alta, seu Fator de CBIO é também o mais alto do Norte-Nordeste (1.416). Enquanto o padrão Brasil apresenta um Fator CBIO de (836) para a emissão de 1 CBIO. No entanto, a macrorregião Norte-Nordeste apresenta UPs com desempenho muito acima da média nacional.

Tabela 3 - Parametrização da eficiência energética das UPs do Norte-Nordeste em relação à base Brasil

Competência	Referenciais de desempenho	Descrição
Elegibilidade Norte-Nordeste	(-) 20%	Percentual de cana produzida excluída da emissão de CBIOs.
Intensidade de Carbono (IC)	(+) 3 unidades	Maior IC menor a NEEA.
Fator CBIO	(+) 286 litros de etanol	UPs Norte –Nordeste precisa de mais litros de etanol para cada CBIO.

Fonte: Elaboração própria.

As unidades produtivas dos Estados do Maranhão e Pará na amostra pesquisada apresentam eficiência energética em Elegibilidade, NEEA, IC e Fator CBIO acima do nível Brasil (Tabela 4), evidenciando a adoção de tecnologias de produção acima das demais unidades certificadas.

Tabela 4 - UP do norte-nordeste com fatores de eficiência energética acima do parâmetro Brasil

Elegibilidade	Maranhão 100%	Desempenho exclusivo no País
NEEA	Pará (64,7) Piaui (63,9)	Desempenho Brasil (59,6)
IC	Pará (22,7) Piaui (23,5)	Posição Brasil (27,8)
Fator CBIO	Pará (785)	Brasil (836)

Fonte: Elaboração própria.

Importante fator de análise de eficiência energética é a Intensidade de Carbono (IC), por aferir a maior ou menor emissão de GEE, que é o foco do processo de descarbonização da matriz energética de combustíveis. Esta intensidade é medida a partir da emissão de GEE no ciclo de vida do produto, por unidade de energia.

Critérios de seleção de unidades produtivas (UPs) ao RenovaBio

Na pesquisa em campo restou constatado os efeitos diretos decorrentes da Resolução ANP nº 758, de 23.11.2018, que define os parâmetros de seleção dos beneficiários para certificação e que assegura a garantia de produção agrícola e industrial eficiente de biocombustíveis ao amparo do artigo 18 da Lei de número 13.576.

Conforme demonstrado na Tabela 1, das 336 UPs autorizadas a produzir E1GC, 256 (76%) estão certificadas. Na base amostral Norte-Nordeste, das 55 UPs autorizadas, apenas 37 UPs (67%) estão certificadas. Assim, 18 UPs ou (33%) de sua base produtiva está excluída da Certificação de Produção Eficiente de Biocombustíveis. Sergipe com suas 05 UPs (100%) fora do RenovaBio. As hipóteses das causas de exclusão obtidas durante a pesquisa indicam que:

I. A emissão da documentação da ANP com a devida Nota de Eficiência Energética Ambiental (NEEA) necessita que se faça a contabilização somente da biomassa oriunda de áreas que não tenha havido supressão de vegetação nativa, a partir da data em vigor da Resolução ANP de número 758, de 23 de novembro de 2018. Essa nota de corte de desmatamento desconsidera inclusive supressões legais com licenciamentos autorizados pelas Secretarias de Meio Ambiente Estaduais.

II. A biomassa de cana de açúcar oriunda de fornecedores diversos dependem da atualização no Sistema CAR – Cadastro Ambiental Rural. Há produtores penalizados por apresentar dados *default*, gerando piora na NEEA. O Cadastro Ambiental Rural está amparado na Lei de número 12.651 de 22 de maio de 2012, e regulamentação via Instrução Normativa MMA número 2 de 05 de maio de 2014, sendo um registro público eletrônico nacional e obrigatório para todos os imóveis rurais.

III. Desconsideração acerca da adoção de práticas de maior adequação ambiental, como: redução do corte de cana queimada, proteção de matas ciliares, recuperação de nascentes, reuso da água, colheita mecanizada e combate a incêndios florestais, requalificação de trabalhadores, adequação ao Código Florestal e cumprimento de condicionantes de licenças ambientais.

IV. Priorização da produção de açúcar. Várias unidades nordestinas, mantém sua tradição histórica, econômica e de mercado para a venda de açúcar, relevando a oferta de etanol e cbios.

Metas de descarbonização de CBIOS: parte obrigada (distribuidoras)

As Metas de Descarbonização têm o propósito de atingir o mais baixo índice de Intensidade de Carbono (IC) na matriz energética do Brasil. Para uma maior compreensão dessa dinâmica relaciona-se alguns conceitos:

i) Produtor e Importador de biocombustível é tratado como Emissor Primário de Crédito de Descarbonização (CBIO), após autorizado e habilitado pela ANP. A quantidade de ativos emitidos é proporcional ao etanol produzido ou importado respaldado pelo Nota de Eficiência Energética e Ambiental (NEEA);

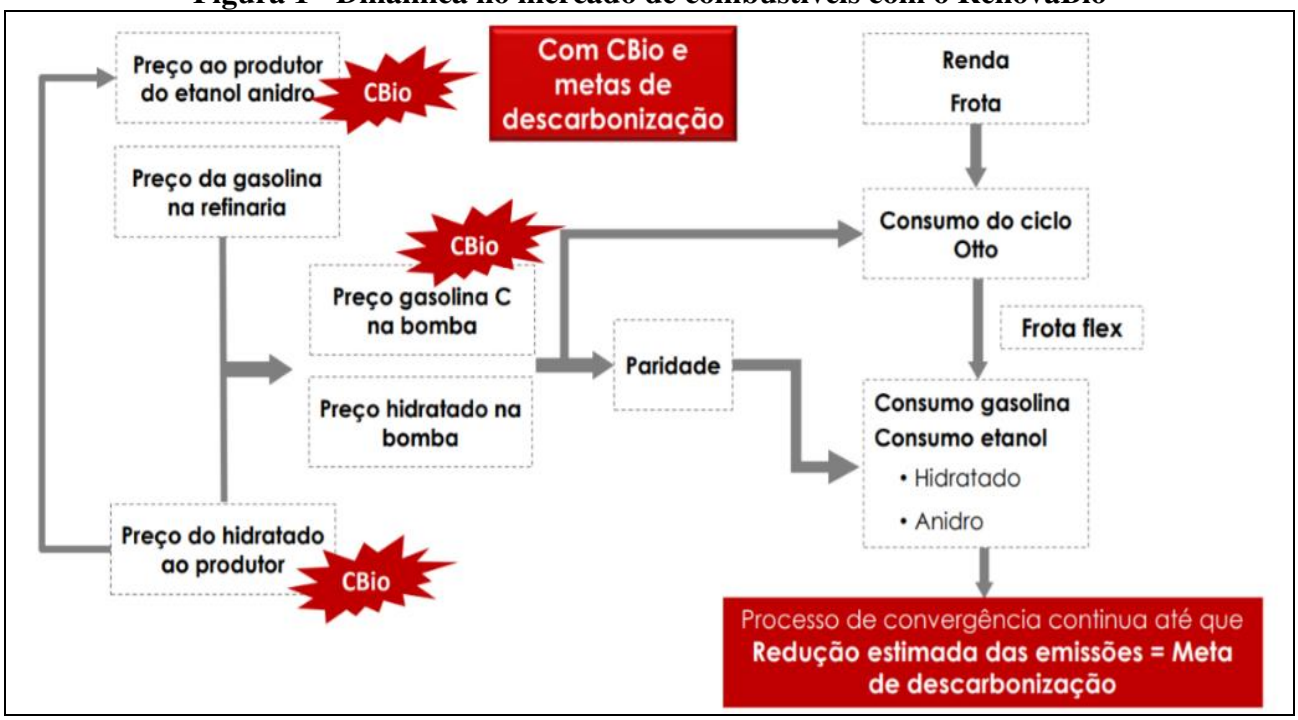
ii) Distribuidor de Combustíveis: é o agente que exerce essa atividade, autorizado pela ANP;

iii) Órgão Regulador: Ministério das Minas e Energia (MME), que define a quantidade a ser emitida de Crédito de Descarbonização, permitindo assim que ocorra a autorregulação do preço da tonelada pelo próprio mercado.

iv) Os Gráficos 1 e 2 apresentam toda a dinâmica no mercado de combustíveis após o advento do RenovaBio.

A Figura 1 apresenta a dinâmica do mercado de combustível após o RenovaBio e adoção do título CBIO.

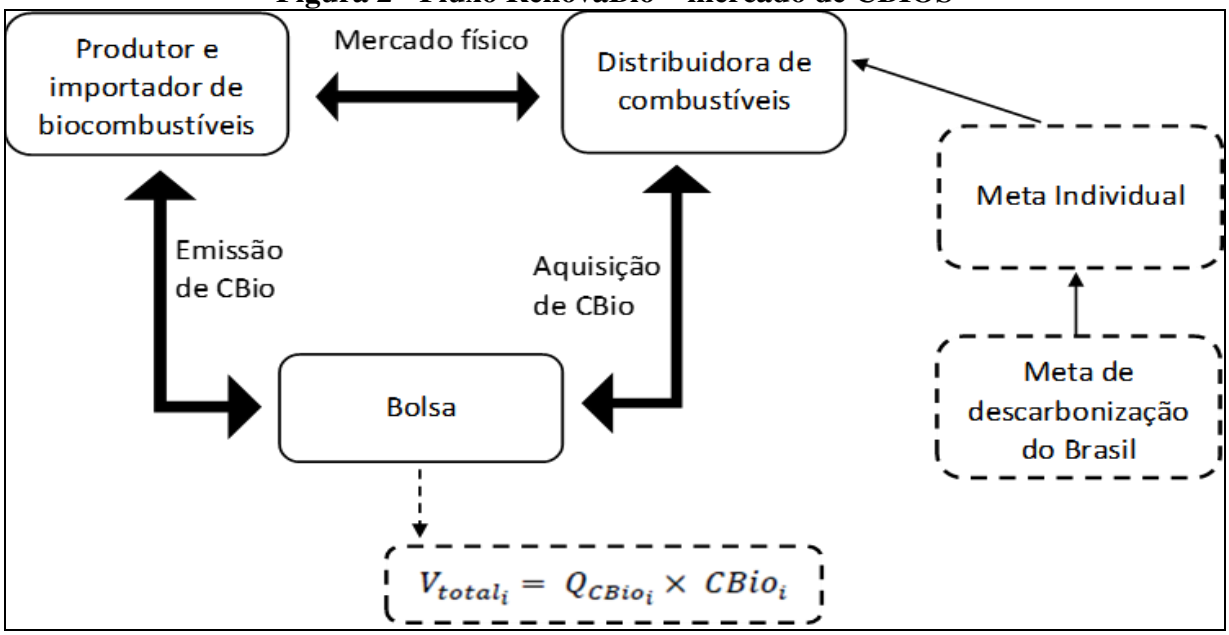
Figura 1 - Dinâmica no mercado de combustíveis com o RenovaBio



Fonte: MME (2017).

O CBIO é um ativo financeiro registrado na forma escritural, que assegura a dinâmica de comercialização através da Bolsa de Valores, bem como a aferição do cumprimento das metas individualizadas dos distribuidores de combustível.

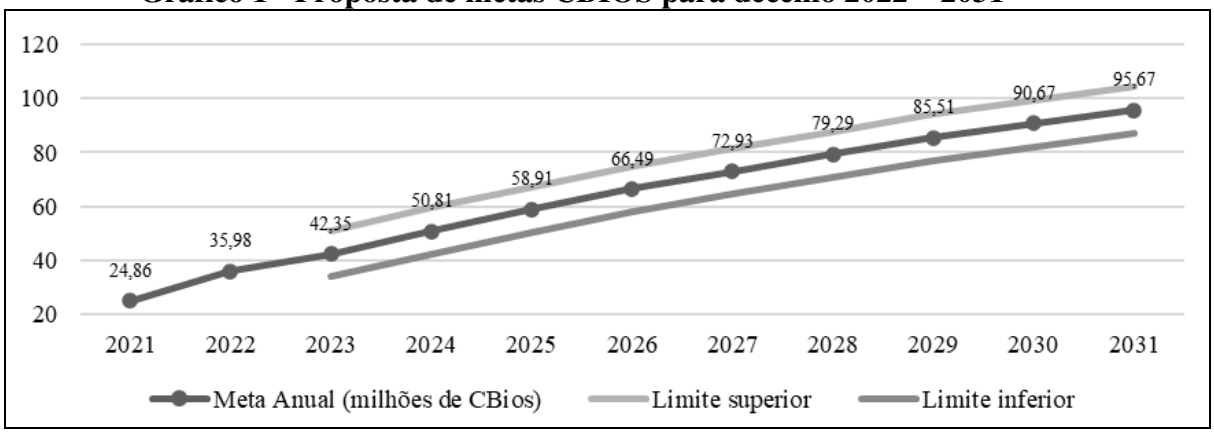
Figura 2 - Fluxo RenovaBio – mercado de CBIOS



Fonte: MME (2017).
Nota: * $Vtotali$: valor total transacionado no ano i; $QCBioi$ quantidade de CBIO comercializada no ano i; $CBioi$ preço unitário do CBIO no ano i;

A atual legislação prevê, na primeira incidência receita da venda do CBIO pela indústria, emissor primário, carga fiscal de 15% (IRFonte) mais 9,25% (PIS/COFINS).

Gráfico 1 - Proposta de metas CBIOS para decênio 2022 – 2031



Fonte: MME (2022).

O Gráfico 1 permite observar a evolução das metas de aquisição de Créditos de Descarbonização (CBIOS) no horizonte temporal de 2022 a 2031, conforme Ministério das Minas e Energia (MME).

A oferta potencial de CBIOS é de 35,6 milhões de CBIOS. Essa oferta está próxima da meta para 2022. Desafio é produzir mais etanol, sem aumentar a área de produção, para demais anos. O Brasil sinaliza uma oferta de 45 bilhões de litros de etanol para 2025 e 54 bilhões para o ano de 2030.

Comercialização de CBIOS – parte obrigada e parte não obrigada (pessoa física e jurídicas não obrigadas)

A lavoura canavieira é uma fonte limpa e alternativa aos combustíveis de origem fóssil. Mas a conclusão crítica sobre crédito de carbono é que muito mais um mecanismo de aumento da lucratividade do setor que a emite do que uma solução ou resposta para o problemático desafio das emissões de GEE (PIETRAFESA; SANTOS, 2014).

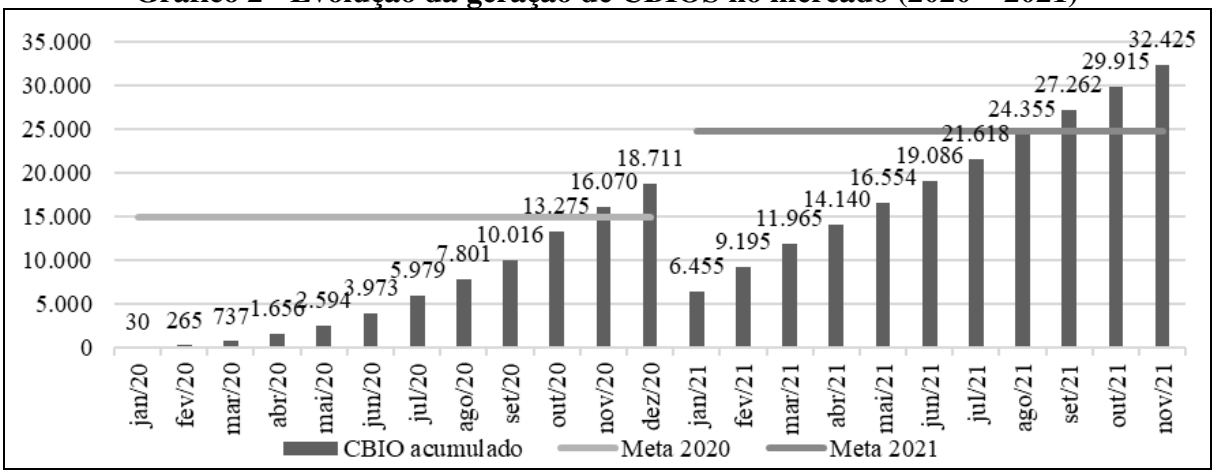
Em simulação para formação de mercado de emissões, realizada pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGVCES) e a Bolsa Verde do Rio de Janeiro (BVRio), em 2018, foi identificada a necessidade de se alcançar o equilíbrio do balanço entre volume de emissões, análise de risco, retorno dos offsets e compra de títulos que possuem riscos de performance.

Utilizando um sistema de comércio de emissões (SCE), cap and trate, o RenovaBio se vale da categoria de preço explicita, com precificação direta. Com o mercado mobilizado para operações de

compra e venda de créditos de carbono, os agentes econômicos compradores justificam suas emissões de GEE e os ofertadores obtém mais lucro, evidenciando seu viés econômico.

Observando-se o Gráfico 2, lançado no mercado de capitais em 2020 em número superior à meta anual de 14.898.230 (quatorze milhões oitocentos e noventa e oito mil duzentos e trinta) CBIOS, para aquisição obrigatória pelas distribuidoras de combustíveis, resultou no cumprimento de 98% da meta de compras indicando a eficácia da Política Nacional de Biocombustíveis. Ademais, cabe ressaltar que após a implantação da política, o número de CBIS em 2021 foi maior que em 2020 em todos os meses, indicando a possibilidade de uma resposta dos agentes de mercado às novas regras.

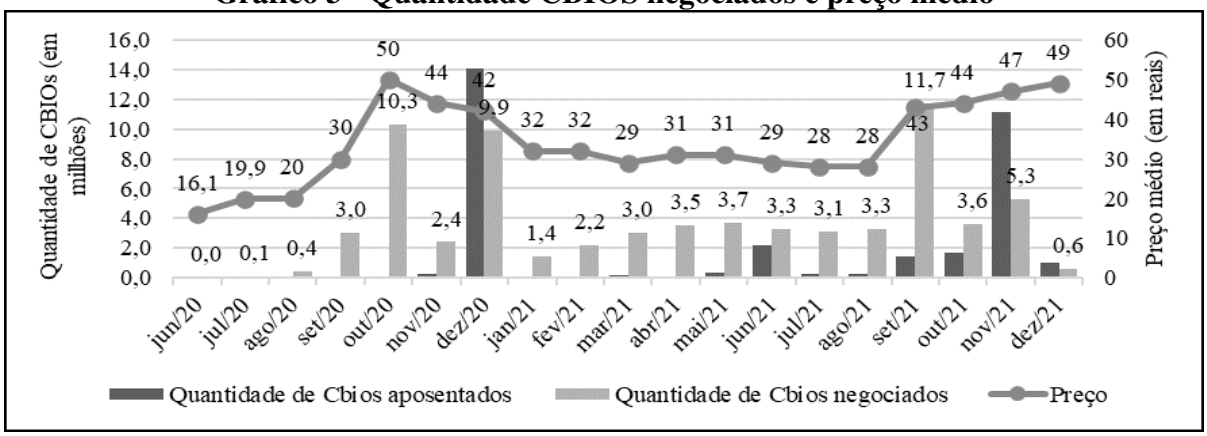
Gráfico 2 - Evolução da geração de CBIOS no mercado (2020 – 2021)



Fonte: ANP (2021).

Conforme Gráfico 3, o valor do CBIO inicial, na metade de 2020, foi de R$ 16,10, e R$ 43,43, de preço médio, no primeiro ano. A partir de setembro de 2021, os preços dos CBIOS registraram forte valorização, em meio à constatação sobre a ampla quebra na produção de etanol de cana nesta safra 2021/22 do Centro-Sul. Percebe-se também que o preço médio possui uma tendência ascendente quando avaliado no período apresentado, apesar disso, a trajetória de junho de 2020 até dezembro de 2021 não foi constante, com períodos de forte aumento (outubro de 2020), queda subsequente (de novembro de 2020 até agosto de 2021), e novos aumentos (restante do período). Por fim, um fato interessante é o de que um forte aumento na quantidade de CBIOS negociados teve relação com duas reações diferentes do preço, a primeira (outubro e dezembro de 2020) se associou a quedas nos preços, enquanto que a outra (setembro de 2021) se associou a aumentos nos preços.

Gráfico 3 - Quantidade CBIOS negociados e preço médio



Fonte: B3 e Observatório da Cana (2021).

A Tabela 5 apresenta a movimentação das negociações de Crédito de Descarbonização (CBIOS) nos anos de 2020, 2021 e início de 2022. Em 2020, foram retirados de circulação 14.609.067 CBIOS, enquanto que em 2021 foram retirados de circulação 24.406.585 CBIOS, o que equivale, em ambos os anos, ao cumprimento de 98% da meta nacional anual. Na contramão, em 2022 foram aposentados apenas 8.500 CBIOS, representando 0,02% da meta, o que pode sinalizar uma possibilidade de revisão das metas e dos termos oferecidos pela política, possivelmente a implantação de um imposto de carbono (ZHANG; HUANG, 2024).

Tabela 5 - Resumo das negociações de créditos de descarbonização

Ano	Compra parte não obrigada	Compra acumulada parte obrigada	Em posse do emissor	Meta ANP	CBIOs aposentados	CBIOs não aposentados
2020	26.019	261.187	3.612	14.898.230	14.609.067	3.899.569
2021	273.160	5.113.051	5.021.826	25.222.723	24.406.585	10.413.339
2022	290.212	6.519.733	5.685.656	35.980.000	8.500	12.457.893

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: ANP, B3 e Observatório da Cana (2022).

Dos 142 distribuidores, 118 a cumpriram integralmente ou atingiram algo em torno de 85% da meta, assegurando a comprovação dos 15% restantes para 2022. Enquanto, 07 distribuidoras se comportaram com retiradas em quantidade abaixo de 85% de suas metas e 17 distribuidoras não aposentaram seus créditos de descarbonização. O descumprimento da meta anual individual, sujeita o distribuidor de combustíveis a sanções previstas como multa que pode chegar a R$ 50 milhões, além disso, a quantidade de CBIOS como meta não atingida é incorporada à meta imposta ao distribuidor no ano seguinte.

A aposentadoria de CBIOS ocorre pela sua retirada de circulação do mercado de valores, por parte das distribuidoras, em quantidade correspondente aos valores comprados. Esse processo também pode ocorrer por iniciativa de pessoas físicas ou jurídicas não obrigadas.

A Tabela 5 parametriza as compras de ativos por parte de pessoas físicas e jurídicas (partes não obrigadas), demonstrando que essa participação vem apresentando tendência de crescimento, inclusive pelo fato que nos primeiros meses do ano de 2022 as aquisições de "partes não obrigadas" já superaram o acumulado dos anos de 2020 e 2021. Outro aspecto que chama atenção para o desempenho dos ativos CBIOS em 2022, trata-se do "preço mínimo" e "preço médio" muito acima das posições dos dois primeiros anos, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Negociações e aposentadorias (2020, 2021 e 2022)

Ano	Preço Máximo (R$)	Preço Médio (R$)	Preço Mínimo (R$)	Total CBIOs Aposentados
2020	72,00	43,66	15,00	14.609.067
2021	66,00	39,31	6,90	24.406.585
2022	105,00	62,89	34,00	8.500

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: ANP, B3 e Observatório da Cana (2022).

A totalização do volume comercializado nos dois primeiros anos de vendas de CBIOS (ver Tabela 7) é um indicativo de valores em função dos preços médios apontados. No entanto, segundo a B3, o Renovabio já proporcionou a compra de aproximadamente dois bilhões de reais em Créditos de Descarbonização (CBIOS) até final do mês de março de 2022.

Tabela 7 - Volume de recursos gerados pelos S(2020, 2021 e 2022)

Ano	CBIOs Aposentados	Preço Médio CBIO (R$)	Volume Financeiro (R$)	Cumprimento da meta pelas distribuidoras
2020	14.609.067	43,66	637.831.865,22	97,6%
2021	24.406.585	39,31	959.422.856,35	98,2%
2022	2.473.321	86,18	213.150.803,78	
TOTAL	41.488.973	-	1.810.405.525,35	

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: ANP, B3 e Observatório da Cana (2022).

Volume de etanol certificado e comercializado por estado do Norte-Nordeste

Pelo volume de etanol certificado e comercializado fica relativizada a participação das unidades produtivas no Norte-Nordeste no cenário nacional. A Tabela 8 evidencia que nem todas as UPs credenciadas no Renovabio emitem CBIOS para o volume de biocombustível elegível, assim como não realiza sua venda integralmente retendo sua posse em carteira. Como disposto na Tabela 5, no ano 2021, ficou mantido em posse dos emissores a quantidade de 5.021.826 CBIOS ativos, que ao preço médio de R$ 39,31 a unidade, resultaram no volume financeiro de R$ 197.407.980,06.

A variabilidade de emissão de CBIOS pode denotar que estratégias diferentes precisam ser adotadas a depender da localidade em questão. Recuperando as conclusões de Whiskich (2024), a

taxação do carbono ou o subsídio pode ter resultados melhores ou piores a depender de aspectos específicos, e para esta análise, a localidade pode estar impactando os resultados observados.

Tabela 8 - Volume (m³) certificado e comercializado (2021)

	Volume Total (m3)	Volume Certificado (%)	Volume Certificado/Comercializado (%)
Centro-Sul	61.601.175	93	71
Norte-Nordeste	4.921.116	80	59
Alagoas	700.242	95	54
Bahia	1.369.259	100	83
Ceará	0	0	0
Maranhão	319.549	76	63
Pará	99.328	100	37
Paraíba	655.905	86	68
Pernambuco	606.415	95	51
Piauí	153.303	48	42
RG do Norte	208.186	84	54
Sergipe	0	00	0
Tocantins	601.978	38	38

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: ANP, B3 e Observatório da Cana (2022).

No corrente ano encontra-se em posse dos emissores um total de 4.473.505 CBIOS unidades ao preço médio de R$ 86,18 resulta um total de R$ 385.526.660,90, evidenciando que esse ativo está em alta neste começo de ano.

Em conclusão, fica demonstrado que do total de 336 unidades produtivas autorizadas a produzir etanol de primeira geração de cana (E1GC), 281 delas ou 83% estão na macrorregião Centro-Sul e 55 UPs (17%) operam no Norte-Nordeste. Do universo nacional 256 UPs estão credenciadas no âmbito do Renovabio, sendo 219 (85%) no Centro-Sul e 37 unidades (14%) no Norte-Nordeste, portanto proporcionalmente abaixo da disponibilidade efetiva.

Ainda, o Centro-Sul possui 49 UPs (98%) em construção e 15 (71%) em ampliação, contra apenas 01 (2%) e 6 (29%), respectivamente, no Norte-Nordeste (Tabela 1), firmando a pujança diferenciada entre as duas macrorregiões, inclusive para o futuro do RenovaBio.

Em eficiência energética, conforme Tabela 2, as UPs do Centro-Sul apresentam desempenho qualitativo também superior em Elegibilidade de biomassa de cana de açúcar (93% contra 73%), Intensidade de Carbono (IC), poluindo menos (27,6 contra 30,6), consequentemente sua Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) é superior (59,8 contra 56,8) e finalmente, necessita de menos etanol para cada ativo CBIO emitido, como Fator CBIO de 821 contra 1.107 no Norte-Nordeste, apesar da pesquisa encontrar UPs nessa região com fatores de eficiência energética superiores aos encontrados no Centro-Sul.

Tudo isso resulta em maior eficiência econômica das UPs do Centro-Sul, em quantidade e qualidade de ativos CBIOS, de tal forma que o volume negociado com base no preço médio acumula

resultado em torno de R$ 1.810.405.525,35 majoritariamente carreados para as plantas industriais daquela região ficando para as UPs do Norte-Nordeste algo em torno de 15% desse total. Esses valores podem ser reinvestidos em avanços tecnológicos, desde o cultivo da cana-de-açúcar, aperfeiçoamentos associados ao processo industrial e avanços nos métodos de gestão.

Estudos da OCDE demostram que a vinculação de limites de emissões de GEE com indicativo de precificação de carbono resultante de negociações entre as partes produtoras e compradoras, auxilia as empresas em desenvolver atividades de baixo custo em carbono e com isso, reduzindo seus lançamentos de gases de efeito estufa, via investimentos em processos de maior eficiência energética, levando a uma redução adicional nos custos de produção (EPE, 2020b) e maior desempenho econômico.

CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou analisar o desempenho energético e econômico da produção de etanol de primeira geração dos estados do Norte e Nordeste no contexto da política nacional de biocombustíveis, o RenovaBio. Para isso, é utilizado o método de pesquisa documental para então comparar o desempenho com o dos estados do Sul e do Sudeste.

Sobre o panorama de certificação de unidades produtivas, ficou definida duas macrorregiões territoriais: Centro-Sul e Norte-Nordeste. Ficou evidenciada a expressiva base de UPs da microrregião Centro-Sul, Autorizadas, Credenciadas no RenovaBio, como em Construção e Ampliação. A macroregião Norte-Nordeste possui 16% da base de produção nacional de etanol de primeira geração e 14% da base de UPs certificadas. Ainda, sobre os critérios de seleção de unidades produtivas (UPs) ao RenovaBio, Na base amostral Norte-Nordeste, das 55 UPs autorizadas, apenas 37 UPs (67%) estão certificadas. Assim, 18 UPs ou (33%) de sua base produtiva está excluída da Certificação de Produção Eficiente de Biocombustíveis. Sergipe com suas 05 UPs (100%) fora do RenovaBio.

Também, quanto ao desempenho energético das unidades produtivas de etanol de primeira geração do norte e nordeste, as UPs do Norte-Nordeste apresentam parâmetros de eficiência energética abaixo da performance da macrorregião Centro-Sul, nos critérios de Elegibilidade, Intensidade de Carbono, NEEA e Fator CBIO. As perdas de eficiência energética das Unidades Produtivas do Norte-Nordeste têm reflexo no desempenho econômico de CBIOS.

Considerando a parte obrigada (distribuidoras) as metas de descarbonização de CBIOS, a oferta potencial de CBIOS é de 35,6 milhões de CBIOS. Essa oferta está próxima da meta para 2022. Desafio é produzir mais etanol, sem aumentar a área de produção, para demais anos. O Brasil sinaliza uma oferta de 45 bilhões de litros de etanol para 2025 e 54 bilhões para o ano de 2030. Sobre as partes obrigada e

não obrigada (pessoa física e jurídicas não obrigadas) da comercialização de CBIOS, o produto foi lançado no mercado de capitais em 2020 em número superior à meta anual de 14.898.230 (quatorze milhões oitocentos e noventa e oito mil duzentos e trinta) CBIOS, para aquisição obrigatória pelas distribuidoras de combustíveis, resultou no cumprimento de 98% da meta de compras indicando a eficácia da Política Nacional de Biocombustíveis. Em 2020, foram retirados de circulação 14.609.067 CBIOS, enquanto que em 2021 foram retirados de circulação 24.406.585 CBIOS, o que equivale, em ambos os anos, ao cumprimento de 98% da meta nacional anual. Na contramão, em 2022 foram aposentados apenas 8.500 CBIOS, representando 0,02% da meta, o que pode sinalizar uma possibilidade de revisão das metas e dos termos oferecidos pela política.

Por fim, em relação ao volume de etanol certificado e comercializado por estado do norte-nordeste, fica demonstrado que do total de 336 unidades produtivas autorizadas a produzir etanol de primeira geração de cana (E1GC), 281 delas ou 83% estão na macrorregião Centro-Sul e 55 UPs (17%) operam no Norte-Nordeste. Do universo nacional 256 UPs estão credenciadas no âmbito do Renovabio, sendo 219 (85%) no Centro-Sul e 37 unidades (14%) no Norte-Nordeste, portanto proporcionalmente abaixo da disponibilidade efetiva.

A hipótese levantada inicialmente de que há razoável diferenciação entre as UPs nos níveis de elegibilidade, intensidade de carbono, nota de eficiência energética e fator CBIO, gerando, em consequência, resultados econômicos também diversos, foi verificada. A conversão da externalidade climática adversa em toneladas de carbono equivalentes possibilita uma implementação mais precisa e eficaz de políticas regulatórias relacionadas aos danos ambientais. Sua parametrização tem implicações significativas na diferenciação tecnológica e econômica das instalações industriais de produção de biocombustíveis, afetando também seu acesso ao mercado de carbono. Em um pouco mais de dois anos de implementação o RenovaBio oportuniza uma curva de aprendizagem para todos os atores envolvidos.

Assim, verifica-se que esse mercado apresenta um potencial de uma maior participação de pessoas físicas e de pessoas jurídicas não obrigadas, pois o CBIO ainda não está regulado como um produto listado em Bolsa, portanto, necessita avançar etapas no mercado de capitais, como aumentar sua liquidez e ter uma curva futura de preços através do desenvolvimento de derivativos. Atualmente pelas regras de comercialização do CBIO a ponta compradora e a ponta vendedora não podem se conhecer. No meio do caminho há as operadoras. Para realizar contratos a termo dos derivativos essas partes precisam ser conhecidas.

Como sugestão para pesquisas futuras, poderão ser construídos contrafactuais para estimar o impacto do programa RenovaBio na produção de biocombustíveis das regiões Norte e Nordeste do Brasil.

REFERÊNCIAS

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP n. 758, de 23 de novembro de 2018**. Brasília: ANP, 2018. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 28/03/2024.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP n. 802, de 05 de dezembro de 2019**. Brasília: ANP, 2019. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 28/03/2024.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Painel Dinâmico da Plataforma CBIO RenovaBio**. Brasília: ANP, 2022. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 28/03/2024.

B3 – Brasil, Bolsa, Balcão. **Séries Históricas**. São Paulo: B3, 2022. Disponível em: <www.cetip.com.br>. Acesso em: 10/01/2024.

BARATA, M. M. L. **Aplicação de uma Estrutura Contábil para Apropriação dos Custos Ambientais e Avaliação da sua Influência no Desempenho Econômico das Empresas** (Tese de Doutorado em Contabilidade). Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

BUNGE, M. **Ciência e desenvolvimento**. São Paulo: Editora da USP, 1980.

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. **O Big Push Ambiental no Brasil**: Investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável. Santigo: CEPAL, 2019.

COASE, R. "The Problem of Social". **The Journal of Law and Economics**, vol. 3, 1960.

ANDRADE JUNIOR, M. A. U. *et al*. "Exploring future scenarios of ethanol demand in Brazil and their land-use implications". **Energy Policy**, vol. 134, 2019.

DECLERCK, F. *et al*. "Biofuel policies and their ripple effects: An analysis of vegetable oil price dynamics and global consumer responses". **Energy Economics**, vol. 128, 2023.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica**: Análise de Conjuntura dos Biocombustiveis. Rio de Janeiro: EPE, 2020a. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em:10/01/2024.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica**: Precificação de Carbono: riscos e oportunidades para o Brasil. Conceitos, experiências e reflexões para aplicação no setor energético. Rio de Janeiro: EPE, 2020b. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em:10/01/2024.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food security and nutrition in the world**. Washington: FAO, 2020. Disponivel em:< http://www.fao.org/home/en/>. Acesso em: 17/01/2022.

FAZZI, L. R. *et al*. "A regulação de biocombustíveis no Brasil e nos EUA no contexto da mitigação das mudanças climáticas e do correlato acordo de Paris". **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, vol. 9, 2020.

FGVCES - Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas. **Sobre a simulação do sistema de comércio de emissões**. Rio de Janeiro: FGVces, 2018. Disponível em: <www.gvces.com.br>. Acesso em: 10/01/2024.

GARCIA, T. C. *et al*. "Consumers' willingness to pay for second-generation ethanol in Brazil". **Energy Policy**, vol. 161, 2022.

GRAMKOW, C.; ANGER-KRAAVI, A. "Developing green: A case for the brazilian manufacturing industry". **Sustainability**, vol. 6783, 2019.

GUILLOUZOUIC-LE CORFF, A. "Did oil prices trigger an innovation burst in biofuels?". **Energy Economics**, vol. 75, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Industrial Anual (PIA-Empresa)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 17/01/2024.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Global Warming of 1.5º C**. Washington: IPCC. 2018. Disponível em: <www.ipcc.ch>. Acesso em: 17/01/2024.

LUNDBERG, L. *et al*. "The impact of blending mandates on biofuel consumption, production, emission reductions and fuel prices". **Energy Policy**, vol. 183, 2023.

MARKEL, E. *et al*. "Policy uncertainty and the optimal investment decisions of second-generation biofuel producers". **Energy Economics**, vol. 76, 2018.

MAROUN, M. **Adaptação às mudanças climáticas**: uma proposta de documento de concepção de projeto (DCP) no âmbito do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) (Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético). Rio de Janeiro: UFRJ, 2007.

MELO. M. C. R. **Políticas públicas brasileiras de biocombustíveis**: estudo comparativo entre os programas de incentivos à produção, com ênfase em etano e biodiesel (Dissertação de Mestrado em Biocombustíveis). Uberlândia: UFU, 2018.

MONCADA, J. A. *et al*. "Exploring policy options to spur the expansion of ethanol production and consumption in Brazil: An agent-based modeling approach". **Energy Policy**, vol. 123, 2018.

MORENO, C. *et al*. **A métrica do carbono**: abstrações globais e epistemicídio ecológico. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Boll, 2016.

OBSERVATÓRIO DA CANA. "Painel de certificação, metas e mercado de CBIOS". **Observatório da Cana** [2022]. Disponível em: <www.observatóriodacana. com. br>. Acesso em:10/01/2024.

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Linkages between environmental policy and competitiveness (OECD)**. Paris: OECD, 2010. Disponível em: <www.oecd-ilibrary.org>. Acesso em: 04/04/2024.

PIETRAFESA, J. P.; SANTOS, J. M. "Créditos de Carbono e a internacionalização de etanol de região de cerrado". **Revista Campo-Território**, vol. 9, n. 17, 2014.

PIGOU, A. C. **The Economics of Welfare**. London: Macmillan, 1924.

RFA - Renewable Fuels Association. **Market and statistics**. Washington: RFA, 2021. Disponível em: <www.ethanolrfa.org>. Acesso em: 17/01/2024.

STERN, N. **The Economics of Climate Change**: The Stern Review. Cambridge: Cambridge University, 2006.

WANG, X. *et al*. "Food-energy-environment trilemma: Policy impacts on farmland use and biofuel industry development". **Energy Economics**, vol. 67, 2017.

WHISKICH, A. "A carbon tax versus clean subsidies: Optimal and suboptimal policies for the clean transition". **Energy Economics**, vol. 132, 2024.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de estudo e de pesquisa em administração**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2009.

ZHANG, T.; HUANG, M. "Does carbon taxation make biofuel consumption sustainable to achieve green recovery?". **Resources Policy**, vol. 90, 2024.



BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano VI | Volume 18 | Nº 52 | Boa Vista |2024

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima