



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA DA BIOMASSA

Estado da arte do programa RenovaBio

Claudinete da Silva de Melo Lima

Orientador: Prof. Dr. João Messias dos Santos

Rio Largo- AL,
2023

CLAUDINETE DA SILVA DE MELO LIMA

Estado da arte do programa RenovaBio

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Biomassa da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Energia da Biomassa

Orientador: Prof. Dr. João Messias dos Santos.

Rio Largo, AL
2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

L732e Lima, Claudinete da Silva de Melo.

Estado da arte do programa RenovaBio. / Claudinete da Silva de Melo Lima. – 2023.

48f.: il.

Orientadora: João Messias dos Santos.

Dissertação (Mestrado Profissional em energia da Biomassa) – Programa de Pós -
Graduação em energia da Biomassa, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias,
Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2023.

Inclui bibliografia

1. Biocombustível. 2. Desenvolvimento Sustentável. 3. RenovaCalc.
I. Título.

CDU: 662.99

TERMO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA -
PROPEP CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CECA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENERGIA DA
BIOMASSA



Aos 10 dias do mês de maio de dois mil e vinte três, às 9 horas, no Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar, sob a presidência do Prof. Dr. João Messias dos Santos, reuniu-se a Banca Examinadora para Defesa Pública da Dissertação de Mestrado Profissional em Energia da Biomassa da aluna: **CLAUDINETE DA SILVA DE MELO LIMA**, sob o título: “**Estado da arte do programa RenovaBio**”. A Banca Examinadora ficou assim constituída: Prof. Dr. Carlos Assis Diniz, Prof. Dr. Iedo Teodoro e o Prof. Dr. Paulo Pedro Da Silva. Ocorrências: Abertura pelo presidente da banca, Prof. Dr. João Messias dos Santos, que agradeceu as valiosas presenças dos demais membros componentes da banca, manifestando sua satisfação pela defesa de Dissertação do Curso de Mestrado Profissional em Energia da Biomassa do CECA/UFAL. Terminada a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros examinadores, sendo a candidata **APROVADA**. Por fim, o Prof. Dr. João Messias dos Santos parabenizou a mestrande **CLAUDINETE DA SILVA DE MELO LIMA** pelo trabalho. A concessão do título de Mestre Profissional da Energia da Biomassa está condicionada a entrega dos exemplares com as modificações da dissertação sugerida pela banca examinadora, com anuência do orientador no prazo de 30 dias para encaminhamento. Lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Banca Examinadora. Rio Largo (AL), 10 de maio de 2023.

Documento assinado digitalmente

gov.br

JOAO MESSIAS DOS SANTOS

Data: 27/06/2023 09:00:54-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Messias dos

Santos Presidente

Documento assinado digitalmente

gov.br

CARLOS ASSIS DINIZ

Data: 27/06/2023 09:53:32-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Assis Diniz

Documento assinado digitalmente

gov.br

IEDO TEODORO

Data: 02/07/2023 22:40:29-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Iedo Teodoro

Documento assinado digitalmente

gov.br

PAULO PEDRO DA SILVA

Data: 07/07/2023 11:29:34-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Pedro Da Silva

“As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade da autora”

RESUMO

Este trabalho objetivou apresentar o programa RenovaBio e a RenovaCalc procurando demonstrar quais são as vantagens socioeconômicas das usinas açucareiras do estado de Alagoas ao aderirem ao programa. A RenovaCalc está sendo utilizada por empresas de biocombustíveis como uma nova ferramenta de efetividade perante o desenvolvimento sustentável, principalmente os relativos aos combustíveis renováveis dirigida a partir de regulamentos e normas de sustentabilidade, tendo seu funcionamento similar à de uma calculadora. O programa RenovaBio visa dimensionar a emissão total de gás carbônico a de um combustível fóssil equivalente (a gasolina, no caso do etanol; ou o diesel, para o biodiesel), relacionando eficiência energética e emissão de gases de efeito estufa em conformidade com os guias do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), de modo que sua comprovação é realizada por meio dos processos produtivos baseado no ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) utilizados nas usinas de Biocombustível. Para atender a tal objetivo, este estudo utilizou-se de uma abordagem descritiva por meio de revisão de literatura sobre políticas públicas relacionadas ao mercado de biocombustíveis no Brasil, com métodos de análise quantitativos para gerar uma simulação de como as usinas açucareiras presentes no estado de Alagoas iriam agregar ao seu faturamento as atividades bioeconômicas se aderissem ao programa.

Palavras-Chave: Biocombustível. Desenvolvimento Sustentável. RenovaCalc.

ABSTRACT

This work aimed to present the RenovaBio program and RenovaCalc, seeking to demonstrate the socioeconomic advantages of sugar mills in the state of Alagoas when joining the program. RenovaCalc is being used by biofuel companies as a new effectiveness tool in the face of sustainable development, especially those relating to renewable fuels based on sustainability regulations and standards, with its operation similar to that of a calculator. The RenovaBio program aims to scale the total emission of carbon dioxide to that of an equivalent fossil fuel (gasoline, in the case of ethanol; or diesel, for biodiesel), relating energy efficiency and emission of greenhouse gases in accordance with the guides of the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), so that its proof will be carried out through production processes based on the LCA (Life Cycle Assessment) used in Biofuel plants. To meet this objective, this study used a descriptive approach through a literature review on public policies related to the biofuel market in Brazil, with quantitative analysis methods to generate a simulation of how the sugar mills present in the state of Alagoas would add Bioeconomic activities to their billing if they joined the program.

Keywords: Biofuel. Sustainable development. RenovaCalc.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma do programa RenovaBio	21
Figura 2: Redução de emissões de combustíveis esperada até meados de 2030 pelo renovabio.....	24
Figura 3: Fases do mandato de adição de biocombustíveis a combustíveis RenovaBio em emissões (gCO ₂ eq.MJ ⁻¹).....	24
Figura 4: Diretório de Rotas de Produção de biocombustíveis encontrado na aba 2 da RenovaCalc.	26
Figura 5: Fórmula de cálculo da nota de certificação.....	30
Figura 6: Exemplo de cálculo da nota de certificação da usina 1.....	30
Figura 7: Nota de eficiência energética – 2018	33
Figura 8: Nota de eficiência energética – 2019	34
Figura 9: Volume elegível – 2018.....	34
Figura 10: Volume elegível – 2019.....	35
Figura 11: Esquema de funcionamento certificação do RenovaBio.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Benefícios esperados até o ano de 2030	22
Tabela 2: Parâmetros de entrada solicitados na RenovaCalc.....	28
Tabela 3: Os diferentes direitos de emissão de CBIO (em ton. CO _{2e})	32
Tabela 4: Fator de Emissão de CBIOs por Unidade Geradora – 2018.....	36
Tabela 5: Fator de Emissão de CBIOs por Unidade Geradora – 2019.....	36
Tabela 6: massa específica e poder calorífico inferior dos combustíveis.....	37
Tabela 7: Brasil – safras 2018/19 e 2019/20 - produtos da indústria sucroalcooleira - estimativa da produção de etanol hidratado a partir da cana-de- açúcar.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CBIOs	Créditos de Descarbonização
CMMC	Comissão Mista Permanente sobre Mudanças Climáticas
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CO ₂	Dióxido de Carbono
COP	Conferência do Clima
CQNUMC	A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
CTBE	Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol
FFV	Flex Fuel Vehicle (Veículo Combustível Flex)
gCO _{2e} *MJ ⁻¹	Grama de gás Carbônico equivalente por Megajoule
GEE	Gases de Efeito Estufa
HEFA	Hydro-processed Esters and Fatty Acids (Ésteres e ácidos graxos)
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IC	Intensidade de Carbono
IF	Instituição Financeira
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto
MJ	MegaJoule
MME	Ministério de Minas e Energia
ONU	Organização das Nações Unidas
OMM	Organização Meteorológica Mundial

PPM	Partes por Milhão
PRÓ-ÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
PRÓ-ÓLEO	Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos
RenovaBio	Política Nacional de Biocombustíveis
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
USA	United States of America (Estados Unidos da América)
WWF	World Wide Fund for Nature (Fundo Mundial para a Natureza)
ZAE	Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVOS GERAIS	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 QUESTÕES CLIMÁTICAS CONTEMPORÂNEAS	17
3.2 PROGRAMA RENOVABIO	19
3.3 RENOVACALC	25
3.4 RENOVABIO: OBJETIVOS E FUNCIONAMENTO	32
3.5 EMPRESAS ALAGOANAS QUE ADERIRAM AO RENOVABIO	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	43
ANEXOS	48

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, sabe-se que o planeta vem sofrendo transformações climáticas causadas pelas ações humanas, que por sua vez contribuiu com um aumento significativo na concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE). Não obstante, existe uma correlação entre o aumento da concentração desses gases e o aumento de temperatura observado nas últimas décadas (DOS SANTOS FERREIRA, 2017). Isto implica em compreender que quanto maior for a concentração de gases de efeito estufa, em especial o gás carbônico oriundo da queima de combustíveis fósseis, mais quente ficará (CONTIPELLI, 2018).

Muitas ações regionais e internacionais estão sendo adotadas para mitigar essas consequências. Ciente das mudanças climáticas, a Organização das Nações Unidas junto dos países que compuseram a Convenção de Kyoto no ano de 1997 na 3ª Conferência das Partes da United Nations Framework Convention on Climate Change(Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima), iniciou ainda na década de noventa medidas que visavam alcançar a estabilização e o controle das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, em um ponto que põe impedimento a uma sucessão de catástrofes em um futuro não tão distante(BERTOLDI, 2016).

O Protocolo de Kyoto entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005 (quando passou a ser chamado de Tratado de Kyoto), propondo também incentivos multilaterais com o Comércio Internacional de Emissões e uma formulação de políticas econômicas rentáveis a quem propuser engajamento à redução da emissão de gás carbônico (QUEIROZ, 2019).

No ímpeto do desenvolvimento das proposições acerca do tratado de Kyoto, países desenvolvidos dispostos a cumprirem com suas metas de redução de CO₂ comprariam de países em desenvolvimento as Reduções Certificadas de Emissões, também chamados de Créditos de Carbono (CC), isso gerou um mercado em ascensão com a comercialização dos CC, ou seja, para cada tonelada de CO₂ que um determinado país possuidor do projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) deixa de lançar na atmosfera, gera um crédito de carbono (EIBEL, 2016).

De acordo com Gusmão et al. (2015), da gama existente da distribuição de permissões entre os agentes participantes, cada modelo imerge em resultados diferentes para o mercado e para os próprios participantes. Ainda segundo esses

autores a escolha do mecanismo de alocação de permissões dependerá de diversos fatores, tais como o objetivo do mercado, os setores envolvidos e a necessidade de compensar consumidores por eventuais aumentos de preços. Estas estratégias combinadas com intenso desenvolvimento de biocombustíveis são baseadas nas suposições, por exemplo, que a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar e a produção de biodiesel acabam por reduzir as emissões entre 60% e 35%, respectivamente (GRANGEIA, 2022).

No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) apresentou em 2018, durante a realização de uma audiência pública executada na última semana da Comissão Mista Permanente sobre Mudanças Climáticas do Congresso Nacional, a *RenovaCalc*. Trata-se de uma Ferramenta do Programa *RenovaBio* (Política Nacional de Biocombustíveis, aprovada pela lei 13.576, de 26 de dezembro de 2017) que tem seu funcionamento similar ao de uma calculadora, visando comprovar o desempenho ambiental de usinas de biocombustíveis em padrões mais sustentáveis, detalhando aspectos baseados na Avaliação do Ciclo de Vida, sendo a emissão final comparada com a de combustível fóssil equivalente, que gerou uma nota inspecionada por firmas credenciadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). E é essa nota que servirá de Créditos de CBIOS negociados em bolsa de valores, e que funcionarão como um novo produto para as companhias (MATSUURA, 2018).

Godoy e Saes (2015) confirmaram que há dois exemplos de mecanismos de mercado de carbono: o *cap-and-trade*, que estabelece limites de emissões de Gases de Efeito Estufa às empresas, e baseia-se em licenças para poluir European Union Emission Trading Scheme (Esquema de Comércio de Emissões da União Europeia); projetos de reduções de emissões de GEE, que se baseia em certificados de carbono com base em reduções (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto - MDL). O MDL é o único mecanismo de flexibilização definido pelo Protocolo de Kyoto que poderá ser operado por países em desenvolvimento (BASSO, 2015).

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Demonstrar, por meio de uma revisão bibliográfica, o que é o programa Renovabio e seus possíveis efeitos na difusão da bioeconomia no mercado de biocombustíveis no Brasil e quais seriam as vantagens caso as Usinas Açucareras do Estado de Alagoas aderissem a esse programa.

2.2 ESPECÍFICOS

- Apresentar o programa Renovabio;
- Demonstrar de que forma o programa Renovabio funciona;
- Utilizar o preço referência estipulado pelo ministério de minas e energia para o CBIOs e a safra registrada em 2018/19;
- Estimar a nota de eficiência energético-ambiental;
- Demonstrar o volume elegível e a economia para cada quilo de etanol produzido;
- Demonstrar as vantagens que o estado de Alagoas teria ao aderir ao programa RenovaBio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 QUESTÕES CLIMÁTICAS CONTEMPORÂNEAS

Embora as ações humanas tenham acentuado o efeito estufa, a sua produção, como elucidado, advém de um processo natural e é uma das características que fazem a Terra possuir a temperatura média global de 14°C próxima à superfície, possibilitando as atuais vidas no planeta. Caso não existisse esse fenômeno natural, de acordo com os dados do Ministério do Meio Ambiente, a temperatura média do Globo seria da ordem de -18°C (BRASIL, 2020).

Essa harmonia dos sistemas naturais, não obstante, está sendo afetada intrinsecamente pelas atividades antrópicas, sendo uma de suas faces imanentes a alteração climática global, fenômeno que interfere na vida de todos os seres vivos. À vista disso, o conceito de crise socioambiental pode ser traduzido como a escassez de recursos naturais e acentuação de eventos extremos de forma sistemática de abrangência planetária, instauradas devido às ações antrópicas de destruição da natureza, a uma concepção egoísta da sociedade que interage com a natureza como se esta fosse um objeto dominado para ser usado e usufruído (SILVA, 2018).

A crise climática constitui uma das adversidades centrais do colapso ecológico moderno e exige respostas e medidas urgentes, pois suas imbricações perpassam os pontos mais básicos da vida: perigo a biodiversidade e ecossistemas, escassez hídrica, aumento da temperatura planetária, intensificação de eventos climáticos extremos, produção de alimentos, impactos na saúde, acentuação das desigualdades sociais, entre outros (IPCC, 2014). Essas consequências, inclusive, não fazem mais parte apenas da imprevisibilidade do futuro, mas do presente.

A mudança climática, pode ser conceituada como os efeitos causados pelas ações dos seres humanos através da emissão exacerbada de Gases do Efeito Estufa GEE. Vale ressaltar que, muitas vezes, os termos “mudança climática” e “aquecimento global” são utilizados como sinônimos, porém configuram fenômenos distintos, já que isso se refere apenas ao aumento a longo prazo da temperatura global, enquanto mudança climática é mais amplo ao incluir a alteração da temperatura e seus efeitos (NASA, 2020).

Nas últimas décadas, a concentração dos gases do efeito estufa se acentuou drasticamente na atmosfera em função da industrialização, bem como devido ao

aumento insustentável das demais emissões antrópicas que os geram (BRASIL, 2020), ao alcançar o extremo de, em conjunto com a poluição generalizada e as alterações ecossistêmicas, os cientistas conjecturarem que se iniciou uma nova era geológica: o Antropoceno.

Essa nova era geológica caracteriza-se pela acentuada crise ambiental que provoca drásticas desigualdades socioambientais, danos e riscos ecológicos que comprometem seriamente a vida no planeta, ao constituir o maior desafio do século XXI. Conforme esse autor, “trata-se de uma época marcada por uma sociedade de alta entropia que perdeu de vista que a economia é apenas um subsistema aberto dentro da biosfera e que, conseqüentemente, para prosperar deverá respeitar os limites biofísicos do Planeta” (PERALTA, 2017).

Ainda de acordo com o autor, o Brasil, nessa perspectiva, exerce um protagonismo global na emissão dos GEE e, concomitantemente, possui grande responsabilidade pela diminuição do aquecimento global, o que torna necessária a intervenção ecologizada do direito na regulamentação desse fenômeno. Em virtude disso, é importante analisar os diplomas legais em âmbito nacional, assim como os compromissos internacionais ratificados pelo país visando à mitigação da mudança do clima.

Frente ao que foi descrito anteriormente, é necessário destacar aqui que a 27ª Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas (COP27), realizada em novembro de 2022, ocorreu através dos resultados do relatório divulgado pelo Painel Intergovernamental acerca das Mudanças Climáticas (IPCC), divulgado em fevereiro do referido ano.

Na conferência descrita anteriormente, foi solicitado que haja ações mais extremas do clima nesta década, ou seja, se todos os países querem alcançar a neutralidade de emissão de carbono até 2050, melhor dizendo, a meta de 1,5°C, é necessário que as ações governamentais se tornem mais céleres. Ainda, na conferência, além de ressaltar os desafios atuais, o The Nature Conservancy (TNC), listou uma série de ações que podem combater os efeitos das mudanças climáticas. Principalmente a aceleração da transição global para fontes de energia limpa.

3.2 PROGRAMA RENOVABIO

Colaboradores como Grangeia (2022) especificaram que o Brasil, como pioneiro mundial, já esboçava programas ambiciosos relacionados à produção de biocombustíveis desde a década de 1970 com o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) e em 2004 com Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). Ambos os programas foram criados enfatizando abastecimento e segurança energética como objetivos primários, enquanto os benefícios ambientais dos biocombustíveis só foram reconhecidos posteriormente.

Conforme o Ministério de Minas e Energia (MME), o RenovaBio é o primeiro programa criado através da parceria do governo federal com o setor produtivo nacional, criado pela Lei 13.576/2017 e entrou em vigor em dezembro de 2019, voltado para o desenvolvimento da indústria nacional e a ampliação da produção eficiente de biocombustíveis, é imprescindível para o cumprimento das metas assumidas mundialmente pelo Brasil na COP 21 (Conferência do Clima) no combate ao aquecimento global, visa garantir o abastecimento nacional de combustíveis, amplia a oferta de biocombustíveis com previsibilidade regulatória e sua valorização no incentivo tecnológico, assim, posicionando o Brasil definitivamente na economia verde.

De acordo com NEVES e MENDONÇA (2020) esta nova política busca segurança energética na diversificação das matrizes energéticas e elétrica brasileiras, bem como de agrocombustíveis, e pretende gerar empregos, renda e incentivar a inovação tecnológica no setor de agrocombustíveis nacionais, com a garantia de uma previsibilidade de investimentos públicos e privados. Salienta-se que não é uma política de subsídios estatais ou de renúncia fiscal, assim como não prevê a criação de novos impostos para o financiamento desse mercado.

De acordo com (SILVA, 2023), a RenovaBio foi edificada sobre três pilares principais: I) Estabelecimento de metas globais e individuais que ao serem cumpridas permitiriam ao Brasil atingir seus objetivos de redução das emissões GEE; II) A criação dos CBIOS cuja comercialização dependia de um mercado organizado e livre de ações especulativas; III) Capacitar produtores de biocombustíveis por meio de certificação para garantir a oferta de créditos no mercado (SILVA, 2023).

Baseado na obrigação por parte do Estado, os comercializadores de combustíveis fosséis terão que comprar os Certificados de Produção Eficiente de

Biocombustíveis (CBIOS) que serão emitidos pelos produtores de biocombustíveis de acordo com sua intensidade de carbono (IC) (MME, 2018). Essa comercialização de certificados (CBIOS) permitirá a formação de um mercado de revenda que tem como inspirações iniciativas internacionais já vigentes, como: o Renewable Fuel Standard- Padrão de Combustível Renovável (RFS), programa Federal dos Estados Unidos, o Low Carbon Fuel Standard- Padrão de combustível com baixo teor de carbono (LCFS) programa do estado da Califórnia/EUA (programa similar ao RenovaBio utilizado na Califórnia- EUA, projetado para diminuir a intensidade de carbono emitida pelos combustíveis do estado e fornecer uma gama crescente de alternativas renováveis), e o Renewable Energy Directive- Diretiva de Energia Renovável (RED) da União Europeia (THOMAZ, 2017).

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) define biocombustíveis como derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia. Os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil são o etanol obtido a partir de cana-de-açúcar e, em escala crescente, o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais e adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis (ANP, 2019).

Aos distribuidores de combustíveis, cada um terá uma meta compulsória anual proporcional à respectiva participação de mercado na comercialização de combustíveis fósseis no ano anterior. Sendo assim, quanto mais combustíveis fósseis um distribuidor vender, mais CBIOS ele deverá comprar no mercado no ano seguinte. Dando aos CBIOS uma formatação de imposto a comercialização e produção de combustíveis fósseis (MME, 2018).

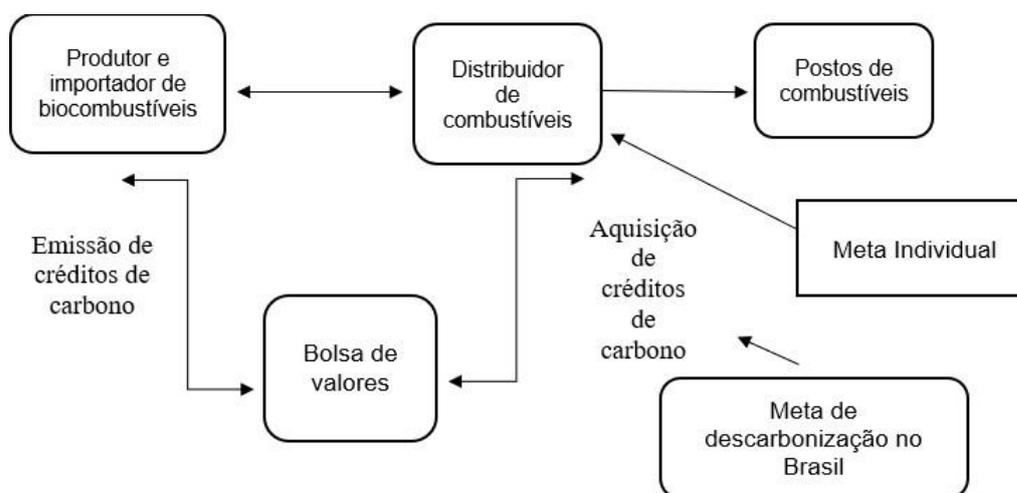
Nos termos da Resolução ANP nº 791/2019, de 12 de junho de 2019, O RenovaBio estabelece metas nacionais anuais de descarbonização para o setor de combustíveis, estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e as distribuem em metas individuais para os distribuidores de combustíveis. Para que funcione corretamente, foi criada uma ferramenta para contabilizar a intensidade de carbono dos biocombustíveis ($\text{gCO}_2\text{eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$) com a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e comparar com os combustíveis fósseis equivalentes, essa ferramenta é a RenovaCalc. Cada unidade participante do programa deve ter todas as boas práticas computadas para que possam receber os CBIOS, até o momento, mais de 200 produtores já foram admitidos ao RenovaBio (ANP, 2019).

Os dados fornecidos pelas unidades participantes são inspecionados por uma firma credenciada pela ANP, que deverá se atentar a Resolução ANP nº 758, de 23 de novembro de 2018, publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 27 de novembro de 2018. Para a alimentação do RenovaCalc, cada unidade agroindustrial deve fornecer os parâmetros técnicos de seu processo produtivo - desde a fase de produção da cultura, passando pelo tratamento, até a conversão da biomassa em biocombustível.

De acordo com o artigo RenovaCalc: A Calculadora do Programa RenovaBio, apresentado no VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, os biocombustíveis previstos na primeira fase do RenovaBio, cujas rotas de produção já estão inseridas na RenovaCalc, são: I) Etanol de primeira geração de cana-de-açúcar; Etanol de primeira e segunda geração em usina integrada; II) Etanol de segunda geração em usina dedicada; III) Etanol de cana-de-açúcar e milho em usina integrada (“flex”); IV) Etanol de milho em usina dedicada; V) Etanol de milho importado; VI) Biodiesel; VII) Bioquerosene de aviação por HEFA (Hydro-processed Esters and Fatty Acids) de soja e VII) Biometano de resíduos (MATSUURA, 2018).

Proposta pelo CNPE, a implantação do RenovaBio gerará números extraordinários e relevantes melhorias sociais propondo mudar a realidade nacional e aumentar a capacidade produtiva para 54 bilhões de litros etanol por safra até 2030, seu funcionamento é ordenado segundo o diagrama da Figura 1.

Figura 1: Fluxograma do programa RenovaBio.



Fonte: Associação Brasileira do Agronegócio (Abag) - (Adaptada pela autora).

De acordo com a Associação Brasileira do Agronegócio (Abag), a Tabela 1 demonstra os benefícios esperados até o ano de 2030 com a implantação do RenovaBio, que será: a redução de 43% das emissões (melhorar a qualidade do ar), expansão da oferta de biocombustíveis (valorização dos biocombustíveis nacionais), economia para a balança comercial (evitando a importação de gasolina e diesel), segurança energética, redução de 847 milhões de toneladas de CO₂ com etanol e biodiesel, geração de empregos (incentivo a inovação tecnológica).

Tabela 1: Benefícios esperados até o ano de 2030.

Expansão da oferta de biocombustíveis	R\$ 1,4 trilhão de investimentos
Economia para a balança comercial	300 bilhões de litros (Importação de gasolina e de diesel evitada)
Segurança energética	18% de participação de bioenergia na matriz energética
Redução de 847 milhões de toneladas de CO ₂ com etanol e biodiesel	6 bilhões de árvores plantadas
1,4 milhões de novos empregos	Produção de etanol biodiesel e biogás, investimentos produtivos.

Fonte: Associação Brasileira do Agronegócio (Abag) - (Adaptada pela autora).

No entanto, devido ao cenário pandêmico essas metas iniciais estabelecidas no Acordo de Paris para o Brasil em 2016 de reduzir 37% abaixo dos níveis de emissões de 2005 até 2025 e de 43% abaixo em 2005 até 2030, o governo brasileiro decidiu rever as metas obrigatórias do RenovaBio. Com isso, no ano de 2020 a meta atingiu uma redução de 50% (de 29 milhões para 14,53 milhões de CBIO). Além disso, o MME e o CNPE propuseram a redução das metas entre 2021 e 2030, atualizando a curva de crescimento das compras obrigatórias de acordo com as respostas da economia e do mercado, bem como o controle do COVID-19 (GRANGEIA, 2022).

No primeiro semestre de 2020, devido à pandemia derivada da COVID-19, o MME convocou consulta pública para revisar as metas. O CNPE divulgou a resolução nº8, de 18 de agosto de 2020, reduzindo a meta original de 28,7 milhões para 14,53 milhões de CBIOs que deverão ser comprados pelas distribuidoras (LAZARO e THOMAZ, 2021).

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, institui a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), parte integrante da política energética nacional de que trata a Lei nº 9.478/1997, com os seguintes objetivos:

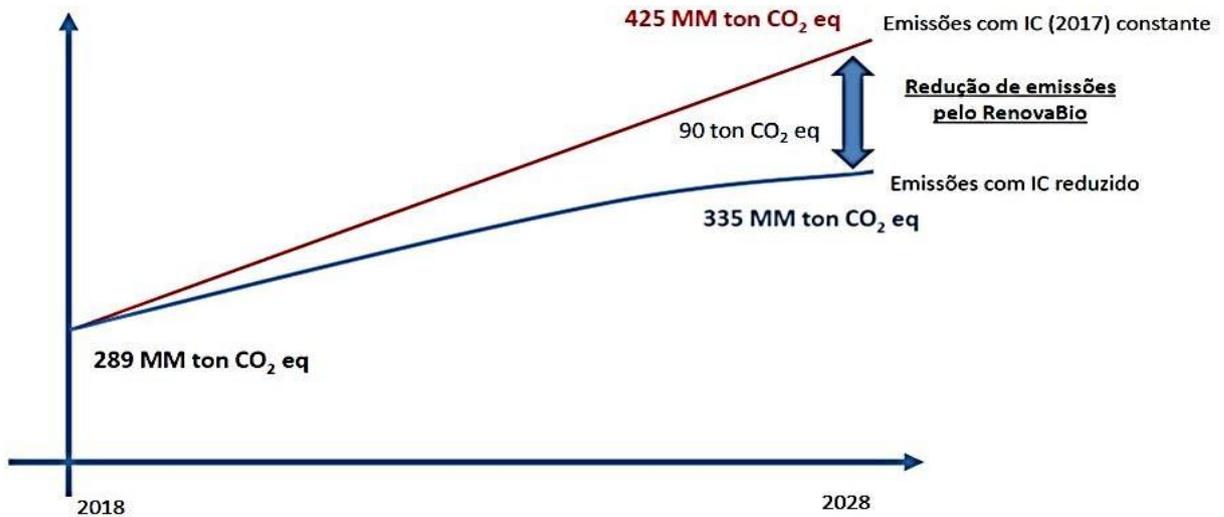
- I - Contribuir para o atendimento aos compromissos do Acordo de Paris das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP21), ratificado pelo Brasil em 12/09/2016;
- II - Contribuir com a eficiência energética e redução de emissões de gases do efeito estufa na produção, comercialização e uso de biocombustíveis, incluindo a avaliação de ciclo de vida;
- III - promover a 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.

Com a publicação da resolução, estarão regulamentados dois dos pilares fundamentais do RenovaBio: I) Credenciamento de firmas inspetoras responsáveis pela Certificação de Biocombustíveis Art. 22, Lei 13.576/2017; II) Cálculo e validação da Nota de Eficiência Energético-Ambiental; Emissão do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis Art. 13, §1º, Lei 13.576/2017.

De acordo com a Embrapa os produtores de biocombustíveis que demonstrarem interesse em ingressarem por caráter voluntário no RenovaBio e terem direito aos CBIOS, terão de cumprir três critérios de elegibilidade além de fornecer parâmetros técnicos do seu processo produtivo, que dizem respeito ao uso sustentável da terra: 1) Toda a produção certificada deve ser oriunda de área sem desmatamento após a data de promulgação do Decreto que regulamentou o RenovaBio (novembro/2018); 2) Toda a área de produção de biomassa deve estar em conformidade com o Cadastro Ambiental Rural (CAR), um dos principais mecanismos do Código Florestal Brasileiro; 3) As áreas de produção de cana-de-açúcar e palma devem estar em conformidade com os respectivos zoneamentos agroecológicos vigentes.

De acordo com os dados dos Figuras 2 e 3, a simulação do modelo econômico utilizado pelo RenovaBio entre os anos de 2017 e 2030 traria uma redução de emissões em torno de 90 toneladas CO_{2eq}. Em concordância com a DATAGRO, até 2030 serão necessários investimentos de R\$ 500 bilhões, gerando o número empolgante de mais de 1 milhão de novos empregos, uma revolução nos 1.600 municípios que cultivam cana-de-açúcar. O País deve economizar US\$ 45 bilhões em importações. Estima-se o alcance de 54 bilhões de litros de etanol, quase o dobro do produzido hoje em dia. Olhando a questão da emissão de CO₂, estima-se uma redução extraordinária de 166 para 45 gramas de CO₂ equivalente por quilômetro (gCO_{2eq}.km⁻¹), considerando a tecnologia atual dos motores, conforme demonstrado no Figura 3 abaixo.

Figura 2: Redução de Emissões de Combustíveis esperada até meados de 2030 pelo RenovaBio.



Fonte: Projeção do modelo econômico do RenovaBio

Figura 3 : Fases do mandato de adição de biocombustíveis a combustíveis RenovaBio em Emissões(gCO₂*MJ⁻¹)



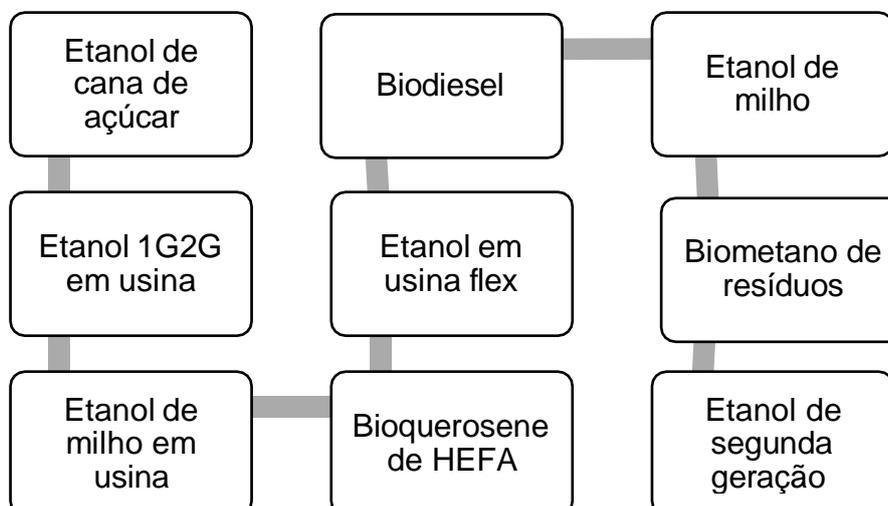
Fonte: Diretrizes RenovaBio (BRASIL, 2017).

4.3. RENOVACALC

A RenovaCalc foi desenvolvida pela Embrapa Meio Ambiente em parceria com a ANP, o MME, o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), o Agroicone e a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), para auxiliar no processo de certificação do programa RenovaBio e a nova política de biocombustível aprovada pela lei 13.576/2017. Contabilizando a emissão de GEE (em g CO₂ eq./MJ) e a avaliação do ciclo de vida (ACV), fazendo uma comparação ao que seria gasto utilizando um combustível fóssil equivalente (a gasolina, no caso do etanol; ou o diesel, para o biodiesel), assim produzindo um parâmetro na Intensidade de Carbono (IC) relacionado aos biocombustíveis participantes do programa em padrões mais sustentáveis (MATSUURA, 2018).

Coube a ANP a definição e a estrutura relativa dos dados e ao IBICT a incumbência do processamento de informações cadastradas pelos produtores, e, a partir de então, converter a versão da calculadora em Excel que já está sendo utilizada em um sistema informatizado. A RenovaCalc é um conjunto de planilhas do Excel, uma ferramenta de cálculo de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) de biocombustíveis, dividida inicialmente em 23 abas, das quais contêm informações e dados necessários para o cálculo específico do IC de cada biocombustível, atribuída dentro das nove rotas tecnológicas de produção como visto na Figura 4.

Figura 4: Diretório de rotas de produção de biocombustíveis encontrado na aba 2 da renovacalc.



Fonte: RenovaCalc Diretório (Adaptada pela autora).

Primeiramente, é identificada a agroindústria e assim analisados os dados de entrada com informações iniciais, por exemplo, se houve avanço sobre a vegetação nativa, se a agroindústria cumpre o Zoneamento Ambiental, como se dá o sistema de plantio, a quantidade de área total, há área de cana queimada, isso no caso de um biocombustível gerado pelo setor canavieiro (NEVES e MENDONÇA, 2020).

Os colaboradores citados anteriormente afirmaram em seus estudos que se devem identificar também os dados agrícolas, como, por exemplo, aqueles sobre a utilização de corretivos, fertilizantes químicos, fertilizantes orgânicos (como vinhaça), a produção de combustível, além da quantidade desses dados de cana própria e de cana de terceiros (fornecedores). Em relação aos dados industriais, qual seria a quantidade de rendimento de cada produto final (etanol anidro, etanol hidratado, açúcar, eletricidade comercializada, bagaço comercializado), bem como de combustível final (bagaço, palha, cavaco de madeira).

Para os parâmetros solicitados na calculadora, na fase agrícola diferentemente do que ocorre na fase industrial, é possível optar pelo preenchimento por “perfil específico” ou por “perfil padrão”, exceto para as perguntas relacionadas aos critérios de elegibilidade ao programa RenovaBio e para os parâmetros: “área total”, “produção total”, “resíduos agrícolas recolhidos”, que sempre deverão ser informados como dados específicos. O “perfil de produção específico” corresponde aos dados primários do processo agrícola das áreas de produção da usina e de seus fornecedores.

Já o “perfil de produção padrão” corresponde ao nível tecnológico médio nacional (típico), gerado a partir de informações de bancos de dados do setor produtivo e da literatura técnica. Ao “perfil de produção padrão” visa incentivar a opção pelos dados primários, ou seja, o fornecimento de informações sobre o perfil de produção específico. Desta forma, a opção “perfil padrão” torna-se uma alternativa para o preenchimento da RenovaCalc quando não é conhecido o conjunto completo de parâmetros técnicos de um processo produtivo agrícola¹.

A RenovaCalc passou por sucessivas alterações, a mais importante para este trabalho foi efetuada em 22/12/2020, quando foi realizada uma versão agora orientada por rotas independentes, cada rota direcionada por uma aba ou planilha independente do Excel, objeto de estudo deste trabalho: RENOVACALC_E1G - V.7 - Etanol combustível de primeira geração.

¹(Planilha RenovaCalc V.6.1 (Ferramenta de cálculo da intensidade de carbono de biocombustíveis) - (VERSÃO DESCONTINUADA).

De acordo com Wernet (2016), a RenovaCalc é constituída por um conjunto de dados que permitem a caracterização de diferentes sistemas de produção agrícolas e industriais que são eles: pegada de carbono de processos à montante e à jusante desses sistemas, advindos da base de dados *ecoinvent*, densidades dos combustíveis, conteúdo energético, fatores de emissão, fatores de caracterização, etc.

Solicita-se inicialmente às unidades agroindustriais de biocombustível, variáveis que permitam discriminar as rotas tecnológicas e suas respectivas etapas de produção agrícola e industrial que influenciarão em termos de emissões de GEE.

Tabela 2: Parâmetros de entrada solicitados na RenovaCalc*.

Parâmetro	Unidade
Etapa agrícola	
Area Total	ha
Produção	t
Palha Recolhida	t
Tipo de preenchimento da etapa agrícola	Primários ou padrão
Area queimada	ha
Corretivos e Fertilizantes	kg/t
Combustíveis/Eletricidade	(L, kg, Nm ³ , kwh) combustível/t
Etapa industrial	
Processamento efetivo de produtos e coprodutos	t/ano
Rendimentos de produtos e coprodutos	(L, kg, Nm ³ , kwh) /t
Insumos industriais	kg/t
Combustíveis/Eletricidade	(L, kg, Nm ³ , kwh) combustível/t

Fonte: GT - ACV RenovaBio. adaptada pela autora

*(Existem parâmetros específicos solicitados para cada rota tecnológica disponível na calculadora. O conjunto apresentado nesta tabela reflete os principais dados que são solicitados em todas as rotas.)

De acordo com nota técnica RenovaCalc disponibilizada pela ANP, as fontes para o cálculo da intensidade de carbono dos biocombustíveis são dadas por: Para os processos a montante do processo agroindustrial: dados advindos da base de dados *ecoinvent* (entradas e saídas de materiais, substâncias e energia); para os processos de distribuição do biocombustível: dados de estatísticas oficiais e dados setoriais (FGV, 2017); para o uso do biocombustível: dados da ferramenta de estimativa de gases de efeito estufa para fontes intersetoriais (WERNET, 2016).

Ainda de acordo com nota técnica RenovaCalc disponibilizada pela ANP, o cálculo da Intensidade de Carbono dos Biocombustíveis na RenovaCalc é realizado após o produtor preencher todos os parâmetros da RenovaCalc, a ferramenta irá calcular a intensidade de carbono do biocombustível, gerando um índice em

gCO₂eq.MJ⁻¹. Esse processo é feito automaticamente na calculadora a partir de cinco passos principais:

- 1) Adequação dos parâmetros de entrada a um fluxo de referência (tonelada de biomassa processada), e inserção como “fluxos de entrada” no Inventário de Ciclo de Vida de cada rota de produção;
- 2) Associação destes “fluxos de entrada” de inventário aos dados de emissões de GEE a montante do processo agroindustrial, relacionadas à produção de insumos agrícolas e industriais e à geração de energia, e a jusante, relacionados à distribuição e uso do biocombustível;
- 3) Consolidação de um inventário das emissões de GEE geradas nas fases agrícola, industrial, de distribuição e uso do biocombustível;
- 4) Conversão das emissões de GEE para a unidade “g CO₂eq”, a partir de fatores de caracterização para cada gás, segundo o GWP100, AR5 do IPCC (2014): CO₂ = 1; CH₄ fóssil = 30; CH₄ biogênico = 28 e N₂O = 265.
- 5) Adequação do índice à unidade funcional (MJ de biocombustível).

Resolução que regulamenta a Lei nº 13.576/2017 (RenovaBio) pela diretoria da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), quanto aos critérios para Certificação da Produção Eficiente de Biocombustíveis à definição de requisitos para o credenciamento de firmas inspetoras responsáveis por tal certificação e aos critérios para cálculo da Nota de Eficiência Energético-Ambiental de produtor e importador de biocombustível certificado, que aderiram ao RenovaBio. Mais adiante, os produtores e importadores certificados poderão solicitar a emissão dos Créditos de Descarbonização (CBIOs) a que fizerem jus, a serem comercializados em conformidade com regulamentação a ser publicada (MME, 2016).

A intensidade de carbono de biocombustíveis, o efeito do CO₂ e de outros gases de efeito estufa é examinado atentamente pela Intensidade de Carbono (IC) emitidos na produção, distribuição e uso de energia disponível de um combustível. Quanto aos Créditos de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIO), trata-se de um documento que servirá como comprovante de meta individual do distribuidor de combustíveis, com valor de instrumento financeiro, possibilitando uma taxa de variação de equilíbrio competitivo entre os combustíveis fósseis e renováveis (MATSUURA, 2018).

Os Créditos de Descarbonização dependerão da Nota de Eficiência Energético-Ambiental constatada do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis do emissor primário, esta nota será atribuída de acordo com a eficiência do seu processo produtivo, será dada pela diferença entre a intensidade de carbono de seu combustível fóssil substituto e sua intensidade de carbono estabelecida no processo de certificação, ou seja, a excelência na eficácia do processo produtivo.

É importante destacar aqui que a Lei 13.576, de 26 de dezembro de 2017 (legislação do RenovaBio), contempla a base para que a regulamentação possa estabelecer que o CBIO tenha como unidade padrão uma tonelada de CO_{2e} (ANP, 2020). Trata-se de um ponto importante para que possa haver, no futuro, fungibilidade e intercambialidade com outros setores econômicos, como por exemplo, a indústria do petróleo e a indústria automobilística, caso esses passem a adotar estratégias similares para valorizar, por mecanismos de crédito de descarbonização, a eficiência com menores emissões. Além disso, a atemporalidade da meta contribui para essa fungibilidade, ou seja, deve-se considerar que a unidade padrão não seja alterada no tempo, não mude com recertificação da produção de biocombustíveis e não mude com entrada de novos produtores.

Como a tonelada de CO₂ foi motivada pela necessidade de uma padronização de medida, é imprescindível para haver um referencial cujo estabelecimento de relações recíprocas de ordem econômica fosse viável e atemporal. Esta unidade seria o resultado da intensidade de carbono de um produto fóssil pelo seu substituto em biocombustível, por conseguinte a análise do ciclo de vida seria aplicada na RenovaCalc que obterá o conteúdo energético do biocombustível em questão, por emissão, em termos de gCO_{2eq}.MJ⁻¹., para a instalação industrial específica, o resultado final será dado pela Nota de Certificação entre a diferença da linha de base do fóssil substituto e o resultado da calculadora.

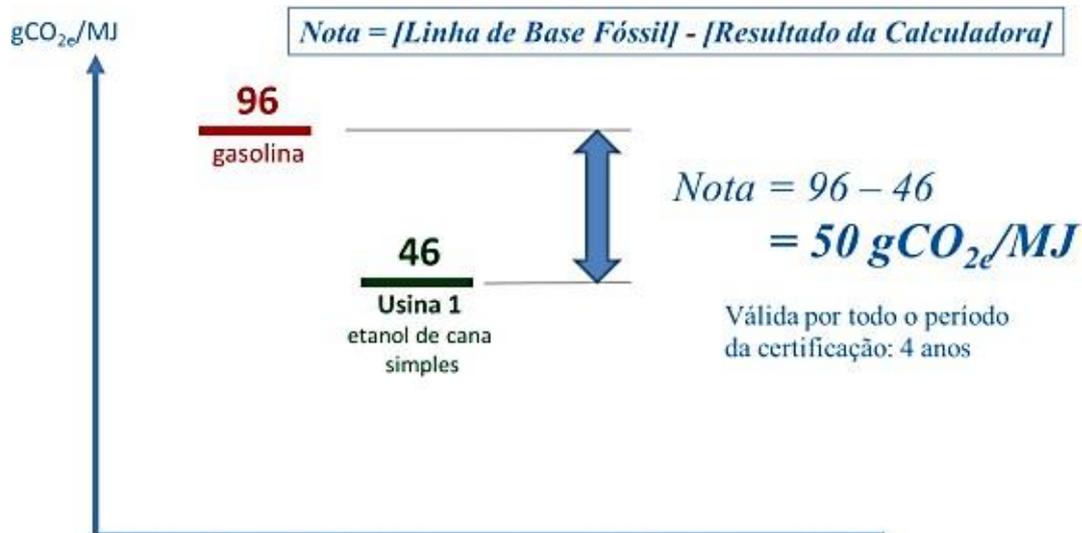
As Figuras (5 e 6) a seguir, constam de valores hipotéticos e foram elaboradas pela Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis como exemplo, foi feita uma simulação de como se dará a nota entre o cálculo da Nota de Certificação e a Nota Específica para uma unidade produtora.

Figura 5: Fórmula de Cálculo da Nota de Certificação.



Fonte: Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis, página 59.

Figura 6: Exemplo de cálculo da Nota de Certificação da Usina 1.



Fonte: Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis, página 59.

Ainda de acordo com a nota explicativa da ANP, supondo que o fator de conversão para energia seja 1 litro de etanol hidratado igual a 21,35 MJ (mega joule), tem-se que a Usina 1, ao vender 30 mil litros, $30.000 \times 21,35 = 640.500$ MJ, vendeu então 640.500 MJ de energia. Como sua Nota de Certificação é 50, então $640.500 \times 50 = 32.025.000$ CBIO. Aplicando-se essa sistemática para as várias usinas do

exemplo, onde todas venderiam 30 mil litros de etanol, tem-se, assim, os diferentes direitos de emissão de CBIO (em toneladas CO_{2e}). Vale ressaltar que há energia (a partir da cogeração de energia elétrica por meio da biomassa da cana) nos canaviais brasileiros equivalente à geração de uma Agroindústria Hidrelétrica de Itaipu, e seu uso poderia evitar a construção de novas hidrelétricas que apresentam diversos efeitos socioambientais (NEVES e MENDONÇA, 2020).

Tabela 3: Os diferentes direitos de emissão de CBIO (em ton CO_{2eq}).

Usina	Nota de certificação (gCO _{2e} /MJ)	Volume vendido (litros)	Fator de conversão (MJ/litro)	Energia Vendida (MJ)	Direito de emissão do CBIOS
	[a]	[b]	[c]	[d]=[b]x[c]	[e]=[a]x[d]
4	86	30.000	21,35	640.500	55
3	76	30.000	21,35	640.500	49
2	60	30.000	21,35	640.500	38
1	50	30.000	21,35	640.500	32

Fonte: Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis, página 60. (Adaptada pela autora).

3.4 RENOVABIO: OBJETIVOS E FUNCIONAMENTO

Primeiramente, é importante salientar que a sistemática que envolve o programa RenovaBio desde a emissão até a comercialização do CBIOS é regida pela já mencionada Lei n. 13.576, de 26 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017), a qual dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis. A estratégia adotada por essa política foi a de atrair as unidades produtoras de biocombustíveis de forma voluntária e, para isso, valeu-se de um instrumento que atue como uma espécie de prêmio financeiro a unidades que, em o Ciclo de Vida (CV) de combustíveis a partir da biomassa, emitam menores quantidades de CO₂eq comparadas ao CV de um combustível fóssil substituto. Neste caso, compara-se as emissões de CO₂eq do CV do etanol com as emissões do CV da gasolina (MATSUURA, 2018).

Supondo que sua nota de eficiência energético-ambiental, como sendo um dos fatores preponderantes e que determinará quantos créditos de descarbonização (CBIOS) as unidades geradoras poderão emitir e qual retorno financeiro como sendo de uma receita adicional total das unidades que terão com a obtenção desta nota (MME, 2017).

Conforme já explicado anteriormente, a RenovaCalc, calcula a Nota de Eficiência Energético-Ambiental do Ciclo de Vida avaliado. O cálculo é feito pela diferença entre a intensidade de carbono e ciclo de vida do biocombustível e a intensidade de carbono do seu combustível substituto, a gasolina, cujo valor é padronizado em 87,4 gCO₂eq.MJ⁻¹. Deste modo, que a nota de eficiência energético-ambiental avaliada no programa leva em consideração, além das eficiências operacionais das unidades avaliadas, a intensidade de carbono da produção de biocombustível das mesmas, de modo que é possível inferir quais unidades, do ponto de vista de emissão de GEE, mais contribuem, relativamente, para a descarbonização da matriz energética brasileira (MME, 2017).

Não há dúvidas de que as unidades com as maiores notas no RenovaBio são relativamente mais eficientes que as outras nos aspectos ambientais e operacionais, considerados no programa. Traçando o perfil dessas unidades, nota-se que elas usam os insumos de forma mais eficiente e dão preferência aos menos danosos ao meio ambiente. Para Benri (2021), mantendo a eficiência operacional contínua, por exemplo, uma redução no uso de fertilizantes sintéticos ou do consumo de diesel na fase agrícola entre 10 e 15%, eleva a nota de eficiência energética em até 2%.

3.5 EMPRESAS ALAGOANAS QUE ADERIRAM AO RENOVABIO:

Conforme as informações extraídas do site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), as empresas listadas a seguir obtiveram certificação no ano de 2018 e 2019, isto se deve ao perfil de operação das plantas, uma vez que sua produção utiliza, em grande parte, Etanol combustível de primeira geração oriundos da cadeia produtiva canavieira. Assim, com essas ações de sustentabilidade, as referidas companhias possuem o propósito de destinar corretamente os resíduos e transformá-los em biocombustível, agregando valor aos seus subprodutos.

As empresas alagoanas que aderiram ao programa foram: 2018 - Central açucareira Santo Antônio S/A; Central açucareira usina Santa Maria S/A; Impacto Bioenergia Alagoas S/A.; Industrial Porto Rico S/A.; S/A Leão Irmãos Açúcar e Álcool; S/A; usina Coruripe Açúcar E Álcool; 2019 - Caeté – Matriz; Caeté - Unidade Marituba; Cooperativa de Colonização Agropecuária e Industrial Pindorama; Usina Santa Clotilde; Usina Serra Grande.

Figura 7: Nota de Eficiência Energética – 2018.



Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Painel Dinâmico RenovaBio

Figura 8: Nota de Eficiência Energético – 2019.



Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Painel Dinâmico RenovaBio

Figura 9: Volume Elegível – 2018.



Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Painel Dinâmico RenovaBio

Figura 10: Volume Elegível – 2019.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Painel Dinâmico RenovaBio

Para a realização de um cálculo aproximado referente à safra 2018-2019, foi determinado que toda a produção do estado nos anos 2018/19 entraria na conta, ignorando também que nem todas as usinas possuem certificação RenovaBio. Em conformidade com os Figuras 7, 8 9 e 10, as unidades apresentadas em questão exprimem uma Nota de Eficiência Energético-Ambiental para o estado de 59,82 gramas de CO₂ equivalente por Megajoule (gCO₂eq.MJ⁻¹) em 2018/19. De acordo com a Tabela 4, usando as produções das usinas em etanol Anidro-hidratado de 310.059,0 milhões de litros, considerando seu volume elegível em 83,98% em 2018/19 (de acordo com o volume diário autorizada pela ANP).

Tabela 4: Fator de Emissão de CBIOS por Unidade Geradora – 2018.

Unidade Geradora	Fator de Emissão de CBIOS - Etanol Anidro- (tCO ₂ eq/L)	Fator de Emissão de CBIOS - Etanol Hidratado- (tCO ₂ eq/L)
Central açucareira Santo Antônio S/A;	0.000994	0.000943
Central açucareira Usina Santa Maria S/A;	0.000581	0.000551
Impacto Bioenergia Alagoas - Usina Seresta S/A;	0.000941	0.000891
Industrial Porto Rico S/A.;	0.000776	0.000737

Tabela 4: Continuação.

S/A Leão Irmãos Açúcar e Álcool;	0.000645	0.000613
S/A Usina Coruripe Açúcar e Álcool.	0.000914	0.000866

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Painel Dinâmico RenovaBio (Adaptada pela autora)

Tabela 5: Fator de Emissão de CBIOS por Unidade Geradora – 2019.

Unidade Geradora	Fator de Emissão de CBIOS - Etanol Anidro- (tCO ₂ eq/L)	Fator de Emissão de CBIOS - Etanol Hidratado- (tCO ₂ eq/L)
Caeté – Matriz;	0.001276	0.001212
Caeté - Unidade Marituba;	0.000958	0.000909
Cooperativa de Colonização Agropecuária e Industrial Pindorama;	0.000765	0.000725
Usina Santa Clotilde;	0.000624	0.000591
Usina Serra Grande	0.000645	0.000613

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Painel Dinâmico RenovaBio (Adaptada pela autora)

Tabela 6: Massa específica e poder calorífico inferior dos combustíveis.

Combustíveis	Massa específica	PCI		Referência
	kg/L	kcal/kg	MJ/kg	
Etanol anidro	0,791	6.750	28,26	ANP
Etanol hidratado	0,809	6.300	26,38	ANP
Biodiesel (B100)	0,880	9.000	37,68	ANP
Biometano (96,5% metano)	0,00076	10.857	45,46	RenovaBio

Fonte: RenovaCalc Dados auxiliares (Adaptada pela autora)

De acordo com a Tabela 5 sobre os dados auxiliares encontrados no final da RenovaCalc a massa específica do etanol hidratado é de 0,809kg/L e o PCI (poder calorífico inferior) é de 26,38 MJ*kg⁻¹, ou seja, o etanol hidratado gera 0,809 kg*L⁻¹ equivalente a 26,38 MJ*kg⁻¹. Deste modo, resta demonstrado em consonância com os estudos a respeito da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), baseada na Lei nº 13.576, de 26 de Dezembro de 2017, no qual menciona-se os trabalhos de Marcovitch, Machado Filho e Ferreira (2019), que elencaram importantes trabalhos a

respeito do tema da governança ambiental, nos quais a RenovaBio é citada como um dos meios para aumentar a participação de combustíveis de fontes renováveis no Brasil, foi utilizada a premissa do programa para estudar a viabilidade de integração da produção de etanol e de microalgas nas usinas e constatou que essa prática pode trazer mais competitividade e sustentabilidade na produção.

Já Gonçalves (2021) realizaram uma revisão bibliográfica na qual colocaram o programa como uma ferramenta para alavancar os rendimentos das usinas, principalmente no que diz respeito à comercialização dos CBIOS, cujo valor, segundo os autores, pode criar um mercado de R\$ 6,5 bilhões

Rodriguez Carpio (2021) colocam que o valor de mercado do CBIOS a US\$ 15,00 tornaria economicamente viável um aumento na produção de etanol em 20%, de modo que este montante, ao substituir a gasolina, geraria uma redução de 79% nas emissões de CO₂eq.

O CO₂ economizado será a multiplicação da economia por litro de etanol pelo volume elegível de modo que o preço referência é de R\$ 34 para o CBIOS, projetado pelo MME (Ministério de Minas e Energia) safra registrada em 2018/19. Para achar a receita adicional da unidade por CO₂ economizado, multiplica-se o CO₂ economizado pelo preço estipulado do CBIOS. Posteriormente, para achar a receita adicional da unidade por litro, divide-se o adicional gerado pelos CBIOS pelo volume elegível.

De acordo com a Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) 2020 em Alagoas, o setor vem experimentando melhora na eficiência em uma área menor. É estimado que a área em produção colhida seja de 274,5 mil hectares, contudo, a palha recolhida (base seca) se encontra com um percentual, aproximadamente de 22,2%, uma vez que as áreas de produção são acidentadas e com declives acentuados e, por outro lado, existe maior disponibilidade de mão de obra. Com os dados de colheita da palha, percebe-se que a colheita mecanizada no estado ainda deixa a desejar e as queimadas ocorrem, geralmente, em torno de 70% da área total de plantio, conforme pode ser visto na Tabela 7. A Tabela 7 mostra Produção de etanol de cana-de-açúcar da RenovaCalc, preenchimento através de dados do Conab.

Tabela 7: Brasil – SAFRAS 2018/19 e 2019/20 - Produtos Da Indústria Sucroalcooleira - Estimativa da Produção de Etanol Hidratado a partir da Cana-de-açúcar.

REGIÃO/UF	CANA-DE-AÇÚCAR DESTINADA AO ETANOL HIDRATADO (Em mil t)	ETANOL HIDRATADO (Em mil l)
-----------	---	-----------------------------

	Safr 2018/19	Safr 2019/20	VAR. %	Safr 2018/19	Safr 2019/20	Variação	
						Absoluta	%
NORTE	1.379,9	1.429,7	3,6	103.124,0	109.719,7	6.595,7	6,4
RO	58,0	-	(100,0)	2.100,0	-	(2.100,0)	(100,0)
AM	97,8	138,7	41,9	5.468,0	7.824,0	2.356,0	43,1
PA	130,4	185,1	42,0	10.033,0	14.956,0	4.923,0	49,1
TO	1.093,8	1.105,9	1,1	85.523,0	86.939,7	1.416,7	1,7
NORDESTE	16.013,1	16.132,9	0,7	1.271.732,0	1.221.647,0	(50.085,0)	(3,9)
MA	295,5	316,5	7,1	25.088,0	25.806,0	718,0	2,9
PI	261,3	380,2	45,5	19.460,0	29.449,4	9.989,4	51,3
RN	1.200,0	1.070,4	(10,8)	88.446,0	81.266,0	(7.180,0)	(8,1)
PB	2.776,9	3.101,7	11,7	229.338,0	239.455,0	10.117,0	4,4
PE	4.519,0	4.367,7	(3,3)	352.050,0	322.378,0	(29.672,0)	(8,4)
AL	4.052,2	3.659,6	(9,7)	310.059,0	266.275,0	(43.784,0)	(14,1)
SE	949,6	1.163,4	22,5	81.803,0	91.116,0	9.313,0	11,4
BA	1.958,7	2.073,4	5,9	165.488,0	165.901,6	413,6	0,2
CENTRO-OESTE	89.066,6	95.265,1	7,0	7.254.931,0	7.905.672,9	650.741,9	9,0
MT	8.802,1	9.693,5	10,1	742.289,0	848.848,0	106.559,0	14,4
MS	31.462,2	33.734,7	7,2	2.477.161,0	2.754.074,7	276.913,7	11,2
GO	48.802,3	51.837,0	6,2	4.035.481,0	4.302.750,1	267.269,1	6,6
SUDESTE	161.687,1	160.632,6	(0,7)	13.303.780,0	13.344.900,4	41.120,4	0,3
MG	29.472,7	30.554,4	3,7	2.413.422,0	2.533.320,7	119.898,7	5,0
ES	350,3	237,4	(32,2)	25.751,0	17.392,0	(8.359,0)	(32,5)
RJ	862,5	806,8	(6,4)	58.288,0	58.000,0	(288,0)	(0,5)
SP	131.001,6	129.033,9	(1,5)	10.806.319,0	10.736.187,7	(70.131,3)	(0,6)
SUL	13.248,9	12.432,6	(6,2)	1.093.607,0	1.038.200,3	(55.406,7)	(5,1)
PR	13.209,8	12.400,3	(6,1)	1.091.418,0	1.036.488,4	(54.929,6)	(5,0)
RS	39,1	32,3	(17,4)	2.189,0	1.712,0	(477,0)	(21,8)
NORTE/NORDESTE	17.393,1	17.562,6	1,0	1.374.856,0	1.331.366,7	(43.489,3)	(3,2)
CENTRO-SUL	264.002,6	268.330,4	1,6	21.652.318,0	22.288.773,6	636.455,6	2,9
BRASIL	281.395,7	285.893,0	1,6	23.027.174,0	23.620.140,3	592.966,3	2,6

Fonte: Conab

Nota: Estimativa em dezembro/2019.

Sobre os dados auxiliares encontrados no final da RenovaCalc a massa específica do etanol hidratado é de 0,809 kg/L e o PCI (poder calorífico inferior) é de 26,38 MJ/kg, ou seja, o etanol hidratado gera 0,809 kg/L equivalente a 26,38 MJ/kg.

4.6 Instrumentos do RenovaBio: Credenciamento e fiscalização da certificadora

O CBIO será um instrumento financeiro, registrado sob a forma escritural, para fins de comprovação da meta individual do distribuidor de combustíveis. A definição da quantidade de Créditos de Descarbonização a serem emitidos considerará o volume de biocombustível, produzido ou importado e comercializado pelo emissor primário, observada a respectiva Nota de Eficiência Energético-Ambiental constante do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis do emissor primário (MME, 2019).

São dois instrumentos que dará ao Crédito de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIO) como mecanismos de mercado - Estabelecimento de metas nacionais de redução de emissões para a matriz de combustíveis e Certificação da produção de biocombustíveis, atribuindo-se notas diferentes para cada produtor (maior será a nota para o produtor que produzir maior quantidade de energia líquida, com menores emissões de CO₂, no ciclo de vida). O CBIO será um ativo financeiro, negociado em bolsa, emitido pelo produtor de biocombustível, a partir da comercialização (nota fiscal). Os distribuidores de combustíveis cumprirão a meta ao demonstrar a propriedade dos CBIOs em sua carteira (MME, 2017).

Uma Instituição Financeira (IF) credenciada deverá ser procurada pelo produtor de biocombustíveis ou importador, para poder efetuar a emissão de forma escritural nos livros ou registros, ou seja, cada Instituição Financeira – IF (escriturador) precisará disponibilizar uma equipe/área especializada para verificar a existência ou não da operação que serviu de lastro ao CBIO. Na mitigação de possíveis fraudes quanto à verificação do volume de biocombustíveis produzidos e comercializados, cada IF precisará manter uma equipe especializada no tema (NEVES e MENDONÇA, 2020).

Figura 11: Esquema de funcionamento certificação do RenovaBio.



Fonte: Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis, página 6.

Pelo que foi exposto na Figura 11, a preferência da negociação do CBIO na bolsa de valores é justificada pela transparência, acompanhamento e evolução do mercado diário, visto que é emitido diariamente boletins com informações das transações do dia anterior, dando maior credibilidade e controle de mercado. De acordo com o projeto de lei (BRASIL, 2017), o CBIO (ativo financeiro) terá vencimento em um intervalo de 3 anos ou na comprovação das metas do distribuidor, esta medida visa evitar o controle de mercado por parte de especuladores em obstinar a fluidez do mercado que deixaria o distribuidor à mercê do findar de prazos até a geração de multas.

Com toda a estruturação do programa RenovaBio e a sistemática dos CBIOs colocadas, observou-se alguns resultados práticos do programa. A ANP divulgou as metas de aposentadorias de CBIOs até a data de 31 de dezembro de 2020 (ANP, 2020a) para as distribuidoras correspondentes aos anos de 2019 e 2020, por meio do Despacho nº 797, de 24 de setembro de 2020.

Neste documento, a meta total para aposentadoria, ou seja, a soma das metas de cada uma das 141 distribuidoras de combustíveis listadas pela ANP, foi de 14.898.231 CBIOs. No entanto, 14.535.334 destes foram aposentados, o que representou 97,6% da meta total.

De acordo com o “Relatório de Cumprimento de Meta 2019 por distribuidor de combustível”, da ANP (2020b), isso aconteceu porque algumas distribuidoras não cumpriram suas metas na íntegra e também porque algumas delas não aposentaram

nenhum CBIO.

Apesar de nenhuma delas terem aposentado o crédito, algumas tiveram metas maiores que outras e, portanto, foram consideradas as piores. Estas distribuidoras que não cumpriram com a suas metas terão de arcar com multa e essa meta não atingida será somada à de 2021. Ressalta-se que no estado de Alagoas ainda não foram computados os respectivos dados.

O texto da Lei nº 13.576 de 26 de dezembro de 2017 coloca a respeito da multa:

Art. 9. O não atendimento à meta individual sujeitará o distribuidor de combustíveis à multa, proporcional à quantidade de Crédito de Descarbonização que deixou de ser comprovada, sem prejuízo das demais sanções administrativas e pecuniárias previstas nesta Lei e na Lei no 9.847, de 26 de outubro de 1999, e de outras de natureza civil e penal cabíveis [...] Parágrafo único. A multa a que se refere o caput deste artigo poderá variar, nos termos do regulamento, entre R\$ 100.000,00 (cem mil reais) e R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) (BRASIL, 2017, p.4).

Não obstante, o CBIO começou o ano de 2021 com um valor menor, valendo R\$ 31,78 por unidade em janeiro. Nos meses seguintes o preço médio não apresentou grandes variações até agosto, quando fechou a média mensal unitária a R\$ 28,27. A partir de setembro de 2021, o preço voltou a subir de forma de forma mais acentuada, atingindo o valor de R\$ 43,38. Por pouco variou no mês de outubro, período em que este trabalho contemplou, cujo preço médio foi de R\$ 43,54². No entanto, o encerramento do ano de 2022 com um valor médio próximo dos R\$ 100, quase três vezes mais alto do que o valor médio dos títulos em 2021 (R\$ 35). (União Nacional da Bioenergia, 2023)⁴.

² Extraído originalmente de:

https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/15271/TCC_FORNARO.D.H_2021.pdf?sequence=1.

⁴Extraído originalmente de:

[https://www.udop.com.br/noticia/2023/01/02/preco-medio-dos-cbios-subiu-quase-tres-vezes-em-2022.html#:~:text=Os%20pre%C3%A7os%20dos%20Cr%C3%A9ditos%20de,2021%20\(R%24%2035\).](https://www.udop.com.br/noticia/2023/01/02/preco-medio-dos-cbios-subiu-quase-tres-vezes-em-2022.html#:~:text=Os%20pre%C3%A7os%20dos%20Cr%C3%A9ditos%20de,2021%20(R%24%2035).)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho mostrou indícios suficientes no papel relevante em consideração a RenovaCalc como um perfil de alternativa viável de ferramenta para auxiliar as usinas a alcançarem resultados satisfatórios, geral e positivo quanto a produtividade de CBIOs como moeda mundial no setor de biocombustíveis como alternativa aos combustíveis fósseis.

Além disso, a redução de emissões de GEE no ciclo de vida dos biocombustíveis, incentivando assim a competitividade e o desempenho ambiental, auxiliando os produtores de forma a complementar o lucro de produção voltado a um mercado para a comercialização de créditos de carbono.

As evidências relativas às medidas regulatórias e certificações têm surtado em efeitos práticos dos impactos socioambientais, como a erradicação ou diminuição de queimadas e o desmatamento, melhoraria na qualidade do ar, valorização dos biocombustíveis nacionais e incentivos a inovação tecnológica, pois a ferramenta de estudo em questão faz uso de monitoramento e relatórios periódicos.

Nesse sentido, é de extrema importância que a certificação seja submetida a uma metodologia de transparência e constante verificação de padrões e selos para certificar as usinas de biocombustíveis. Além disso, a abordagem da ferramenta RenovaCalc da forma proposta, incluindo ilustrações e tabelas de apoio para a geração do valor do CBIO, trouxe uma visão com detalhes do processo para a rota de produção do etanol de primeira geração.

Com base nisso, ficaram organizados de forma compreensível os fatores que são necessários – como os dados de entrada para o preenchimento das fases agrícola e industrial – para que o valor gerado tenha o respaldo científico e legal adequado, uma vez que o ativo é negociado em mercado regulamentado.

O programa, no entanto, tem algumas limitações, visto que as metas de cada distribuidora se baseiam no ciclo de vida dos combustíveis fósseis distribuídos, cujo valor de CBIOs a serem aposentados para cumprir tais metas podem ser maior do que aquele ofertado pelo mercado. Outro gargalo do programa é o repasse de preços da parte obrigada que, ao adquirir os CBIOs, tem um custo adicional que pode ser repassado ao consumidor final nos postos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Painel dinâmico do biodiesel. 2021a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/painel-dinamico-deprodutores-de-biodiesel>. Acesso em: Março 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). RenovaBio. 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/renovabio>. Acesso em: Março 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Painel dinâmico do RenovaBio. 2021c. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineldinamico-de-certificacoes-de-biocombustiveis-renovabio>. Acesso em: Março 2023.

Basso, Ana Paula & Delfino, Letícia de Oliveira. MERCADO DE CARBONO E A (IN)DEFINIÇÃO DA NATUREZA JURÍDICA DOS CRÉDITOS DE CARBONO NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA. Disponível em: Revista de Direito Ambiental e Socio ambientalismo| e-ISSN: 2525-9628| Minas Gerais | v. 1 | n. 2 | p. 162 - 180 | Jul/dez. 2015. Acesso em: Fevereiro de 2023.

BECK, Ulrich. Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade [1986]. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011, 384 p. Acesso em: Março 2023.

BENRI, Thierry Couto do. RenovaBio como referência de eficiência Ambiental, 26 de julho de 2021. Acesso em: Março 2023.

Bertoldi, Márcia Rodrigues, and Yasmin Lange Seoane. "As Mudanças Climáticas e o Comprometimento da Existência da Vida na Terra: a Baixa Eficácia dos Acordos Internacionais para a Estabilização das Temperaturas." Revista Brasileira de Direito Internacional 2.1 (2016): 207-229. Acesso em: Maio 2023.

BiodieselBR.com. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/rbio/anp-aprova-resolucao-da-renovacalc-e-de-certificadoras-do-renovabio-261118>. Acesso em: Março de 2019.

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências, 2017. Acesso em: Março 2023.

CÂNDIDO, L. A.; SOUZA, R.V.A.; MONTEIRO, M.T.F.; MANZI, A.O.; LUIZÃO, F.J.; SARAGOUSSI, M. Desvendando a Ciência do Clima. Livro projeto PRONEX/FAPEAM Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA, Manaus-AM, 2014. Acesso em: Março 2023.

CAPDEVILLE, Fernanda de Salles Cavedon. A Mobilidade Humana na Agenda Global

do Clima: Uma Questão de Justiça Climática In: MORATO LEITE, José Rubens; DINNEBIER, Flávia França (Org.). Estado de Direito Ecológico: conceito, conteúdo e novas dimensões para a proteção da natureza. São Paulo: Inst. O direito por um Planeta Verde, 2017, p. 482- 509. Acesso em: Março 2023.

CARBON TRADE. CERUPT: the Netherlands' CDM Programme. Retrieved from: <http://www.carbontradewatch.org/projects/CERUPT.doc>. Acesso em: Março 2023.

CARVALHO, F. S. O setor sucroenergético no Brasil: Estado, hegemonia e relações internacionais. 2012. 192f. Dissertação (Mestrado). UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília-SP. Acesso em: Fevereiro de 2019.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). [online]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: Março 2023.

CONTIPELLI, Ernani de Paula. Política internacional climática: do consenso científico à governança global. Direito e Desenvolvimento, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 83-94, ago./dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.unipe.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/view/644>. Acesso em: 31 Janeiro 2023.

Dos Santos Ferreira, Pedro, et al. "As perspectivas e divergências acerca do aquecimento global antropogênico." Caderno de Geografia 27.51 (2017): 728-747. Acesso em: Maio 2023.

EIBEL, E., PINHEIRO, R. B. M.. Crédito De Carbono. Revista Gestão Sustentabilidade Ambiental. Florianópolis, v. 4, n.2. p.588 -601, out. 2015/ mar.2016. Acesso em: Março 2023.

ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE - ETENE 1- Ano 5 | Nº 121 | Julho | 2020. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1196/1/2020_CDS_121.pdf. Acesso em: Março 2023.

GODOY, Sara Gurfinkel Marques de; SAES, Maria Sylvia Macchione. Cap and trade e projetos de redução de emissões: comparativo entre mercados de carbono, evolução e desenvolvimento. Ambiente & Sociedade, v. 18, n. ja/mar. 2015, 2015 Tradução . . Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/asoc/v18n1/pt_1414-753X-asoc-18-01-00135.pdf. Acesso em: Março 2023.

GRANGEIA, Carolina; SANTOS, Luan; LAZARO, Lira Luz Benites. The Brazilian biofuel policy (RenovaBio) and its uncertainties: Na assessment of technical, socioeconomic and institutional aspects. Disponível em: journal homepage: www.sciencedirect.com/journal/energy-conversion-and-management-x. Acesso em: Março 2023.

IPCC. Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom and New York: Cambridge University, 2013. Acesso em: Março 2023.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil - Estud. av. vol.24 n. 68. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100017>. Acesso em: Março de 2019.

LAZARO, Lira Luz Benites; THOMAZ, Thomaz. A Participação de stakeholders na formulação da política brasileira de biocombustíveis (RenovaBio). São Paulo. Vol. 24, 2021. Disponível em: Ambiente & Sociedade n São Paulo. Vol. 24, 2021 n Dossiê especial: Territórios da Energia - DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200056r2vu2021L4DE>. Acesso em: Março 2023.

MACIEL, C. V.; COELHO, A. R. G.; SANTOS, A. M.; LAGIOIA, U. C. T.; LIBONATI, J. J.; MACEDO, J. M. A. Crédito de carbono: comercialização e contabilização a partir de projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo. Revista de Informação Contábil, Recife, v. 3, n. 1, p. 89-112, jan./mar. 2009. Acesso em: Março 2023.

MATSUURA, Marília I. S. et al. NOTA TÉCNICA ANP RenovaCalc: Método e ferramenta para a contabilidade da Intensidade de Carbono de Biocombustíveis no Programa RenovaBio. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/2018/n10/CP10-2018_Nota-Tecnica-Renova-Calc.pdf. Acesso em: Março de 2019.

MATSUURA, M.I.S.F., SCACHETTI, M.T., CHAGAS, M.F. et al. 2018a. RenovaCalcMD: Método e ferramenta para a contabilidade da Intensidade de Carbono de Biocombustíveis no Programa RenovaBio. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/2018/n10/CP10-2018_Nota-Tecnica-Renova-Calc.pdf. Acesso em: Março 2023.

MATSUURA, M.I.S.F., SCACHETTI, M.T., CHAGAS, M.F. et al.. 2018b. RenovaCalc: a calculadora do programa RenovaBio. In: VI Congresso brasileiro sobre gestão do ciclo de vida , 6., Brasília-DF. Anais...Brasília: Ibict, 6 p. Acesso em: Março 2023.

NASA: Climate Change and Global Warming. What's the difference between climate change and global warming?. 2019-2020. Acesso em: Março 2023.

Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36224/459938/Nota+Explicativa+RENOVABIO+-+Documento+de+CONSOLIDACAO+-+site.pdf/dc4b6756-d7ca-ab6a-4aac-226c4b8bf436>. Acesso em: Março de 2019.

Nota técnica RenovaCalc CP10-2018 para consulta pública. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/2018/n10/CP10-2018_Nota-Tecnica-Renova-Calc.pdf. Acesso em: Setembro de 2019.

Novacana.com. [online]. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/industria/usinas/estimativa-aponta-quanto-cinco-sucroenergeticas-teriam-lucrado-renovabio-2018-19-20190509>>. Acesso em: Março 2023.

P. Neves, M. Mendonça. RenovaBio e o agrohidronegócio canavieiro em Goiás. Disponível em: GeoTextos, vol. 16, n. 1, julho 2020. P. Neves, M. Mendonça. 85-108. Acesso em: Março 2023.

PERALTA, Carlos E. Desafios Para Construir Uma Nova Racionalidade Ambiental no Antropoceno: o Esverdeamento da Economia Como Caminho Para Incentivar a Sustentabilidade. Desafios In: MORATO LEITE, José Rubens; DINNEBIER, Flávia França (Org.). Estado de Direito Ecológico: conceito, conteúdo e novas dimensões para a proteção da natureza. São Paulo: Inst. O direito por um Planeta Verde, 2017, p. 482-509. Acesso em: Março 2023.

PROGRAMA RENOVABIO, Ministério de Minas e Energia, MME. [online]. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br/documents/36224/459914/P%26R+-+RenovaBio.pdf/15053f36-eb31-3ed4-04b4-8b0775fc8e82>. Acesso em: Março de 2020.

QUEIROZ, J. M. Mecanismos financeiros para o financiamento da Biodiversidade: um estudo do arranjo Institucional do global environment facility (gef) no Brasil. Inovação Financeira: Finanças Verdes, Fintechs e Parcerias Público Privadas (PPPs). 2019. Acesso em: Março 2023.

RENOVACALC: A CALCULADORA DO PROGRAMA RENOVABIO. [online]. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196899/1/Marilia-renovacalc.pdf>. VI Congresso Brasileiro Sobre Gestão do Ciclo de Vida | GCV2018 Organização: IBICT e ABCV, Cooperação: UFSCar. Brasília, junho de 2018. Acesso em: Março 2020.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL II, Manoel Régis L. V. Leal II. O biocombustível no Brasil. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010133002007000200003&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: Março de 2019.

SCACHETTI, Michelle Tereza. et al. A RENOVACALC APLICADA AO BIOCOMBUSTÍVEL ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1102944>. Acesso em: Março de 2019.

SILVA, Clélia Christina Mello; GUIMARÃES, Mauro. Mudanças climáticas, Saúde e Educação ambiental como Política Pública em tempos de crise socioambiental. Revista de Políticas Públicas, v. 22, p. 1151-1170, 2018. Acesso em: Março 2023.

SILVA, Everaldo da; CUNHA, Sieglinde Kindl da; SANTOS, Danielle Denes dos. Direcionalidade do biogás no Brasil para a política de inovação transformadora (PIT): caso da RenovaBio-2023. Revista Foco | Curitiba (PR) | v.16.n.1|e785| p.01-30. Acesso em: Março 2023.

TERRANOTÍCIA, 2018. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/etanolcom-mix-de-629-producao-de-etanol-deve-ser-recorde-em-2018-2019/>. Acesso em: Março

2023.

WERNET, G., et al. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 21, n. 9 1218-1230. Acesso em: Março 2023.

União Nacional da Bioenergia. [online]. Disponível em: <https://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1163639>. Acesso em: Setembro de 2019.

ÚNICA. Empresas certificadas no RenovaBio podem gerar 221 mil CBIOs. [online]. 2020.

Disponível em: <https://unica.com.br/sem-categoria/empresas-certificadas-no-renovabio-podem-gerar-221-mil-cbios-em-fevereiro/>. Acesso em: Março de 2020.

ANEXOS:**ESTIMATIVA DE LUCRO SAFRA 2018/2019 PARA AS UNIDADES GERADORAS CREDENCIADAS PELO RENOVABIO NO ESTADO DE ALAGOAS:**

Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor de biocombustível oriundo do etanol da cana-de-açúcar do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que tem sua produção de etanol proveniente da beterraba ou do amido (milho, trigo, raízes e de tubérculos), (TERRA, 2018). A produção brasileira é de aproximadamente 25 bilhões de litros de etanol por ano, sendo que nas safras de 2018/2019, o País estima a produção em 30,1 bilhões de litros, um recorde, crescente de 4,7% sobre o total de 28,75 bilhões de litros da previsão anterior (MARQUE e FERREIRA, 2021).

O RenovaBio, ao pré-fixar a demanda por biocombustível, assegura aos usineiros, o escoamento de suas respectivas produções. O conhecimento antecipado da demanda é um indicativo de quanto deve ser produzido e, portanto, um parâmetro importante de planejamento das usinas, pois, dentre outras razões, indica a necessidade (ou não) de ampliação dos investimentos e as estimativas de retorno dos mesmos, bem como a possibilidade (ou não) da formação de parcerias, etc (IEA, 2017).

Os usineiros saberão sobre a demanda, o RenovaBio Inova: combinando um instrumento da política de gestão ambiental (metas de descarbonização) e um instrumento de mercado os créditos de carbono evitado (CBIO) – com fins de incentivara inovação tecnológica nas unidades produtoras de biocombustíveis e contribuir para a melhoria financeira dos produtores (IEA, 2017).

O CBIO será um instrumento financeiro, registrado sob a forma escritural, para fins de comprovação da meta individual do distribuidor de combustíveis. A definição da quantidade de Créditos de Descarbonização a serem emitidos considerará o volume de biocombustível, produzido ou importado e comercializado pelo emissor primário, observada a respectiva Nota de Eficiência Energético-Ambiental constante do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis do emissor primário (MME, 2019).

Logo, fazendo uso dos dados disponibilizados pela ANP seu site, pela Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE e a CONAB, conseguiu-se ter

um valor aproximado de Receita com CBIOs (R\$) para o estado de Alagoas na safra de 2018/19 através de cálculos matemáticos desenvolvidos pelo Professor Doutor João Rosa e adaptados pela autora.

O objetivo de calcular o montante de CBIOs resultantes da comercialização de determinado volume de biocombustível, vendido por uma unidade produtora certificada no Programa RenovaBio, basta seguir os seguintes passos: escolher a Rota e o Biocombustível; informar os dados que constam no Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis; Nota de Eficiência Energético Ambiental; Volume Elegível; Informar a quantidade de biocombustível em litros; informar o preço do CBIOs em reais.

Realizando uma simulação matemática da quantidade de geração de CBIOs para o estado de Alagoas, safra 2018/2019 para o Etanol (Anidro e Hidratado):

- Rota: etanol de primeira geração de cana de açúcar (e1gc);
- Biocombustível: etanol hidratado e anidro;
- Nota de eficiência energético-ambiental ($\text{gCO}_2\text{eq.MJ}^{-1}$): 59,82;
- Volume elegível (%): 83,98;
- Produção do biocombustível (l): 490,4 milhões de litros;
- Preço do CBIO (R\$): 34,00;

Obtiveram-se os seguintes resultados:

Equação1: Nota de Eficiência Energético-Ambiental

$$87,4 - 59,82 = 27,58 \left(\frac{\text{gCO}_2\text{e}}{\text{MJ}} \right)$$

Dados Equação 1:

- Linha da base fóssil equivalente ao etanol (gasolina) : 87,4
- Nota de eficiência energético-ambiental ($\text{gCO}_2\text{eq.MJ}^{-1}$) resultante da renovacalc: 59,82;
- Nota de eficiência energético-ambiental ($\text{gCO}_2\text{eq.MJ}^{-1}$) válida para certificação: $27,58 \left(\frac{\text{gCO}_2\text{e}}{\text{MJ}} \right)$.

Equação2: volume elegível

$$83,98\% \text{ de } 490.400.000 = 411.837.920 \text{ de litros de etanol}$$

Dados equação 2:

- Volume elegível (%) : 83,98;
- Produção do biocombustível (L) : 490,4 milhões de litros
- Volume elegível (L) : 411.837.920 *de litros de etanol*

De acordo com a Tabela 6 sobre os dados auxiliares encontrados no final da RenovaCalc a massa específica do etanol hidratado é de 0,809 kg/L e o PCI (poder calorífico inferior) é de 26,38 MJ/kg, ou seja, o etanol hidratado gera 0,809 kg/L equivalente a 26,38 MJ/kg (ENERGIA). A intensidade da nota de eficiência vezes o PCI, se dará conforme a Equação 3. A Massa específica [t/m³] e Poder Calorífico Inferior [MJ/kg] está demonstrado na Tabela 6.

Equação 3: Economia para cada quilo de etanol produzido.

$$27,58 \left(\frac{gCO_2e}{MJ} \right) * 26,38 \frac{MJ}{kg} = 727,56 \frac{gCO_2e}{kg}$$

Dados Equação 3:

- Nota de eficiência energético-ambiental (gCO₂e.MJ⁻¹) válida para certificação: 27,58 $\left(\frac{gCO_2e}{MJ} \right)$;
- PCI (poder calorífico inferior): 26,38 MJ.kg⁻¹
- Foi economizado 727,56 gCO₂e por kg de etanol

A economia por quilo de etanol vezes a massa específica está demonstrada na Equação 4 abaixo:

Equação 4: Economia para cada litro de etanol produzido

$$727,56 \frac{gCO_2eq}{kg} * \frac{0,809}{m^3} * \frac{T}{m^3} * \frac{1000kg}{T} * \frac{1m^3}{1000L} = 588,596 \frac{gCO_2eq}{L}$$

Dados Equação 4:

- Foi economizado 727,56 gCO₂e por kg de etanol
- Massa específica [t/m³]: 0,80900
- Para cada litro de etanol produzido foi economizado 588,596 gCO₂e

Conclui-se, pois, que o resultado da economia é de 588,596 $\frac{gCO_2e}{L}$ para cada litro de etanol produzido. O CO₂ economizado, ou seja, que deixou de ser emitido para atmosfera será a multiplicação da economia por litro de etanol (resultado da Equação 4) pelo volume elegível (resultado da Equação 2), conforme mostra a Equação 5, fazendo a transformação de gramas para tonelada na Equação 6:

Equação 5: CO₂ economizado

$$588,596 \frac{gCO_2eq}{L} * 411.837.920 L = 24,2406 * 10^{10} gCO_2$$

Equação 6: Transformação de gramas para tonelada

$$24,2406 * 10^{10} gCO_2 * \frac{1}{10^6} = 24,2406 * 10^4 TCO_2eq$$

Dados das Equações 5 e 6:

- Para cada litro de etanol produzido foi economizado 588,596 gCO_{2e}
- Volume elegível (L): 411.837.920 de litros de etanol
- 1 tonelada equivale a 1 000 000 g = $\frac{1}{10^6}$
- Gás Carbonico que deixou de ser emitido para a atmosfera: 24,2406 * 10¹⁰gCO₂

O preço referência de R\$ 34 para o CBIOs, projetado pelo MME (Ministério de Minas e Energia). Para achar a receita adicional da unidade por CO₂ economizado, multiplica-se o CO₂ economizado (resultado da Equação 6) pelo preço estipulado do CBios, mediante mostra a Equação 7:

Equação 7: receita adicional da unidade por CO₂ economizado

$$24,2406 * 10^4 TCO_2eq * 34 = 8.241.600 R\$ ADICIONAL$$

Para achar a receita adicional da unidade por litro, divide-se o adicional gerado pelos CBios pelo volume elegível, conforme registrado na Equação 8:

Equação 8: Receita adicional da unidade por litro

$$8.241.600 R\$/ (411.837.920L) = 0,02 \frac{R\$}{L}$$

Dados das Equações 7 e 8:

- O preço referência de R\$ 34 para o CBIOs
- Volume elegível (L): 411.837.920 *de litros de etanol*
- Gás Carbonico que deixou de ser emitido para a atmosfera: $24,2406 * 10^{10}gCO_2$
- Receita adicional da unidade por CO₂ economizado 8.241.600 R\$ ADICIONAL
- Receita adicional da unidade por litro: $0,02 \frac{R\$}{L}$

Logo, as unidades teriam uma receita adicional de aproximadamente 8.241.600 R\$ de reais e um adicional por litro de $0,02 \frac{R\$}{L}$ O direito de emitir Crédito de Descarbonização será dado ao produtor de combustíveis ou importadores em até sessenta dias em quantidade proporcional ao volume de biocombustível comercializado (produzido ou importado).