


**SUSTENTABILIDADE E SOBERANIA: A ADEQUAÇÃO REGULATÓRIA DOS
BIOCOMBUSTÍVEIS BRASILEIROS NA ERA DO ACORDO DE PARIS**

**SUSTAINABILITY AND SOVEREIGNTY: THE REGULATORY ADEQUACY OF
BRAZILIAN BIOFUELS IN THE ERA OF THE PARIS AGREEMENT**

**SOSTENIBILIDAD Y SOBERANÍA: LA ADECUACIÓN REGULATORIA DE LOS
BIOCOMBUSTIBLES BRASILEÑOS EN LA ERA DEL ACUERDO DE PARÍS**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n12-309>

Data de submissão: 29/11/2025

Data de publicação: 29/12/2025

Eliseu Teixeira Starling

Doutorando em Biocombustíveis

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

E-mail: eliseu.starling@ufu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-4972-5610>

Alexandre Walmott Borges

Doutor em Direito

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

E-mail: walmott@ufu.br e walmott@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8767-5542>

Tatiana de Almeida F. R. C. Squeff

Doutora em Direito

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

E-mail: tatiafrcardoso@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9912-9047>

Gabriel Silva Frade

Pós-Graduado Lato Sensu

Instituição: Centro Universitário Única (UNIUNICA)

E-mail: gabrielfhortimal@gmail.com

Juliana Quierati Thomazini

Doutoranda e Mestre em Biocombustíveis

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

E-mail: juliana.quierati@ufu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1044-0769>

Antonio José Vinha Zanuncio

Doutor em Ciência Florestal

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Email: ajvzanuncio@ufu.br

Orcid: 0000-0001-5145-4027

João Souza Araújo Filho

Doutorando em Biocombustíveis

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

E-mail: joaosouzafilho255@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4184-6793>

Isabela Maria Silva Souza

Mestranda em Biocombustíveis

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

E-mail: misabela806@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-8403-6869>

RESUMO

O Brasil é referência na produção de biocombustíveis, entretanto, para atender os compromissos com o desenvolvimento sustentável desejados pelo país, é necessário que esta cadeia produtiva esteja em consonância com os marcos regulatórios de sustentabilidade. Este artigo analisa a adequação regulatória dos biocombustíveis brasileiros frente de sustentabilidade e compromissos climáticos globais do Acordo de Paris, com foco contribuição para a soberania energética nacional. Inicialmente, contextualiza-se a urgência da transição energética global, impulsionada pela crise climática e pelo Acordo de Paris, destacando o papel estratégico das NDCS (Contribuições Nacionalmente Determinadas) na descarbonização das economias. Nesse contexto, os biocombustíveis uma alternativa promissora aos combustíveis fósseis, com potencial relevante para reduzir GEE (Gases de Efeito Estufa), conforme relatórios do IPCC, IEA E IRENA. Em seguida, explora-se a trajetória histórica dos biocombustíveis no Brasil — do programa Proálcool (1975) aos dias atuais — e sua relevância econômica, social e energética (EPE, CEPEA/ESALQ, MAPA, CONAB). A análise aprofunda-se no marco regulatório — com destaque para o renovabio (lei nº 13.576/2017), que cria os CBIOS como instrumento de incentivo à eficiência e sustentabilidade — e outras políticas como o código florestal e p&d. São identificados desafios regulatórios, volatilidade de mercado, certificação de sustentabilidade, uso da terra e segurança alimentar. Por fim, discute-se a relação intrínseca entre sustentabilidade e soberania à luz do acordo de Paris, abordando dimensões ambiental, social e econômica dos biocombustíveis. Conclui-se que o Brasil possui potencial singular para conciliar desenvolvimento dos biocombustíveis com agenda climática e soberania energética, recomendando aprimoramento regulatório, inovações tecnológicas e liderança global.

Palavras-chave: Marco Regulatório. Transição Energética. Renovabio. Mudanças Climáticas. Soberania Energética.

ABSTRACT

Brazil is a benchmark in biofuel production. However, in order to meet the country's sustainable development commitments, this production chain must be in line with sustainability regulatory frameworks. This article analyzes the regulatory adequacy of Brazilian biofuels in terms of sustainability and global climate commitments under the Paris Agreement, focusing on their contribution to national energy sovereignty. First, it contextualizes the urgency of the global energy transition, driven by the climate crisis and the Paris Agreement, highlighting the strategic role of NDCS (Nationally Determined Contributions) in the decarbonization of economies. In this context, biofuels are a promising alternative to fossil fuels, with significant potential to reduce GHG (Greenhouse Gases), according to reports by the IPCC, IEA, and IRENA. Next, the historical trajectory of biofuels in Brazil is explored—from the Proálcool program (1975) to the present day—and their economic, social, and energy relevance (EPE, CEPEA/ESALQ, MAPA, CONAB). The analysis delves into the

regulatory framework—with an emphasis on Renovabio (Law No. 13,576/2017), which creates CBIOS as an instrument to encourage efficiency and sustainability—and other policies such as the forest code and R&D. Regulatory challenges, market volatility, sustainability certification, land use, and food security are identified. Finally, the intrinsic relationship between sustainability and sovereignty is discussed in light of the Paris Agreement, addressing the environmental, social, and economic dimensions of biofuels. It is concluded that Brazil has unique potential to reconcile biofuel development with the climate agenda and energy sovereignty, recommending regulatory improvements, technological innovations, and global leadership.

Keywords: Regulatory Framework. Energy Transition. Renovabio. Climate Change. Energy Sovereignty.

RESUMEN

Brasil es una referencia en la producción de biocombustibles, sin embargo, para cumplir con los compromisos de desarrollo sostenible deseados por el país, es necesario que esta cadena productiva esté en consonancia con los marcos regulatorios de sostenibilidad. Este artículo analiza la adecuación regulatoria de los biocombustibles brasileños frente a la sostenibilidad y los compromisos climáticos globales del Acuerdo de París, con un enfoque en la contribución a la soberanía energética nacional. Inicialmente, se contextualiza la urgencia de la transición energética global, impulsada por la crisis climática y el Acuerdo de París, destacando el papel estratégico de las NDSC (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional) en la descarbonización de las economías. En este contexto, los biocombustibles son una alternativa prometedora a los combustibles fósiles, con un potencial relevante para reducir los GEI (gases de efecto invernadero), según informes del IPCC, la AIE y la IRENA. A continuación, se explora la trayectoria histórica de los biocombustibles en Brasil, desde el programa Proálcool (1975) hasta la actualidad, y su relevancia económica, social y energética (EPE, CEPEA/ESALQ, MAPA, CONAB). El análisis se profundiza en el marco regulatorio, con destaque para la ley Renovabio (ley n.º 13.576/2017), que crea los CBIOS como instrumento de incentivo a la eficiencia y la sostenibilidad, y otras políticas como el código forestal y la I+D. Se identifican retos normativos, volatilidad del mercado, certificación de sostenibilidad, uso de la tierra y seguridad alimentaria. Por último, se analiza la relación intrínseca entre sostenibilidad y soberanía a la luz del Acuerdo de París, abordando las dimensiones medioambientales, sociales y económicas de los biocombustibles. Se concluye que Brasil tiene un potencial único para conciliar el desarrollo de los biocombustibles con la agenda climática y la soberanía energética, y se recomienda la mejora de la normativa, las innovaciones tecnológicas y el liderazgo mundial.

Palabras clave: Marco Regulatorio. Transición Energética. Renovabio. Cambio Climático. Soberanía Energética.

1 INTRODUÇÃO

A transição energética global, impulsionada pela crescente demanda por energias limpas e a urgência da crise climática, é o desafio do século XXI. Neste cenário, o Acordo de Paris emerge como o principal catalisador das ações internacionais, redefinindo as prioridades energéticas e as metas de descarbonização em escala global. No epicentro dessa transformação, o Brasil se destaca. Com sua vasta potência agrícola e uma vocação histórica para a produção de biocombustíveis, o país possui um ativo estratégico para a descarbonização da matriz energética, especialmente no setor de transportes. Essa dualidade única, que une o potencial de mitigação das mudanças climáticas à segurança energética nacional, posiciona os biocombustíveis como um pilar central na agenda brasileira de transição.

Contudo, a efetividade dessa transição depende criticamente da solidez de seu arcabouço normativo. O problema de pesquisa central deste artigo reside em compreender como o marco regulatório dos biocombustíveis no Brasil tem se adaptado e evoluído para atender aos desafios multifacetados da sustentabilidade e aos compromissos do Acordo de Paris, ao mesmo tempo em que fortalece a soberania energética nacional.

Com isso, nosso objetivo geral é analisar a adequação regulatória dos biocombustíveis brasileiros frente aos imperativos de sustentabilidade e aos compromissos climáticos globais, com foco em sua contribuição para a soberania energética e o desenvolvimento sustentável.

Para alcançar este objetivo abrangente, o estudo se desdobra nos seguintes objetivos específicos:

- Revisar o histórico da legislação e das políticas públicas de biocombustíveis no Brasil, identificando seus marcos fundamentais, acertos e desafios persistentes.
- Avaliar a influência direta e indireta do Acordo de Paris e de suas metas (as Contribuições Nacionalmente Determinadas - NDCs) na formulação, revisão e implementação das políticas para biocombustíveis no cenário brasileiro.
- Discutir a complexa intersecção entre as dimensões da sustentabilidade — ambiental (com foco na redução de emissões, balanço energético e uso da terra), social (inclusão de pequenos produtores e condições de trabalho) e econômica (geração de renda, competitividade e atração de investimentos) — no setor de biocombustíveis.
- Analisar a contribuição estratégica e intrínseca dos biocombustíveis para a segurança e soberania energética do Brasil, considerando a redução da dependência de combustíveis fósseis e a valorização da cadeia produtiva interna.
- Propor recomendações claras e aplicáveis para o aprimoramento contínuo do arcabouço regulatório, visando um maior alinhamento com os princípios de uma transição energética justa

e inclusiva, e a maximização dos benefícios socioeconômicos e ambientais dos biocombustíveis.

- Identificar as oportunidades para o Brasil consolidar sua liderança global em bioenergia e expandir sua atuação no mercado internacional de produtos sustentáveis.
- Explorar os desafios de implementação e monitoramento das políticas regulatórias de biocombustíveis, especialmente no que tange à fiscalização da origem e da sustentabilidade da matéria-prima.
- Examinar o papel da inovação tecnológica e da pesquisa e desenvolvimento (P&D) na evolução dos biocombustíveis de segunda e terceira gerações e sua integração no marco regulatório.

O artigo estará estruturado em cinco seções principais. Inicialmente, exploraremos o cenário energético global e o impacto do Acordo de Paris, estabelecendo o contexto das mudanças climáticas e da transição. Em seguida, abordaremos a trajetória e a relevância histórica e atual dos biocombustíveis no contexto brasileiro. A terceira seção se dedicará ao marco regulatório nacional mais recente, seus desafios e adequações, com ênfase no Programa RenovaBio. A quarta seção aprofundará a relação entre sustentabilidade, soberania e os compromissos do Acordo de Paris, analisando as múltiplas dimensões dos biocombustíveis. Por fim, apresentaremos um conjunto de recomendações e perspectivas futuras para o setor, visando orientar políticas e investimentos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O CENÁRIO ENERGÉTICO GLOBAL E O ACORDO DE PARIS

2.1.1 A Urgência da Transição Energética

O planeta enfrenta uma crise climática sem precedentes, impulsionada pela queima de combustíveis fósseis e suas consequentes emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). A necessidade de uma transição energética tornou-se um imperativo global, visando a descarbonização das economias e a busca por fontes renováveis. Relatórios recentes do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), como o "AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023", reforçam a urgência de cortes profundos e rápidos nas emissões, destacando que "a bioenergia pode desempenhar um papel significativo na descarbonização, desde que produzida de forma sustentável" (IPCC, 2023). O esgotamento de reservas de petróleo e gás, juntamente com a volatilidade dos mercados de energia, também impulsiona a diversificação da matriz energética mundial.

2.1.2 O acordo de Paris e as NDCS

O Acordo de Paris, adotado em 2015 no âmbito da UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima), representa um marco global na luta contra as mudanças climáticas. Seus objetivos centrais são limitar o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais, limitando-o a 1,5°C. Para isso, os países signatários submetem suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), que são os compromissos de redução de emissões e adaptação. As NDCs são revisadas periodicamente, e o Brasil, por exemplo, apresentou sua NDC atualizada em 2020 e a reforçou em 2023, consolidando metas ambiciosas de redução de emissões, como a de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 53% até 2030 em relação aos níveis de 2005. A documentação oficial da UNFCCC detalha as contribuições de cada país e o progresso global, sendo uma referência direta e indispensável (UNFCCC, 2023).

2.1.3 Biocombustíveis no contexto da descarbonização

No contexto da descarbonização, os biocombustíveis emergem como uma alternativa promissora aos combustíveis fósseis, com potencial para reduzir significativamente as emissões de GEE, especialmente no setor de transportes. Publicações da IRENA (Agência Internacional de Energia Renovável) e da IEA (Agência Internacional de Energia) têm enfatizado o papel crescente da bioenergia na transição. O relatório "Bioenergy: A Key Element of a Clean Energy Transition" da IEA (2022), por exemplo, destaca que "a bioenergia moderna, incluindo biocombustíveis líquidos, é essencial para atingir as metas de zero emissões líquido, oferecendo soluções para setores de difícil descarbonização, como aviação e transporte pesado". No entanto, os desafios incluem a garantia da sustentabilidade da produção, o uso da terra e a competição com a produção de alimentos, que precisam ser cuidadosamente gerenciados.

3 BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL: TRAJETÓRIA E RELEVÂNCIA

3.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO

A trajetória dos biocombustíveis no Brasil é singular e de longa data, remontando ao Programa Proálcool, instituído em 1975 como resposta à crise do petróleo. Esse programa pioneiro transformou o Brasil em líder mundial na produção de etanol de cana-de-açúcar, estabelecendo uma base sólida para o setor. A evolução foi contínua, com a introdução do biodiesel em 2005 e, mais recentemente, o advento do RenovaBio em 2017. Artigos acadêmicos recentes, como "O papel do Brasil na transição energética global: uma análise da evolução dos biocombustíveis" (Silva & Costa, 2021), detalham essa jornada, destacando as diferentes fases de incentivo, os avanços tecnológicos e os desafios de mercado.

Nesse sentido, Silva e Costa (2021) aprofundam a análise, argumentando que a evolução do setor de biocombustíveis no Brasil não se limita à substituição de combustíveis fósseis, mas sim à consolidação de uma matriz energética mais limpa e competitiva, com potencial para influenciar as políticas de descarbonização em escala global. O estudo enfatiza a importância do RenovaBio como um marco regulatório que introduz a previsibilidade de mercado e a certificação de biocombustíveis com base em sua intensidade de carbono, posicionando o país como um player estratégico na bioeconomia e na busca por soluções de baixo carbono

3.2 A IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL

A cadeia produtiva dos biocombustíveis no Brasil vai muito além da energia, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social do país. Gera milhões de empregos diretos e indiretos, especialmente no setor agrícola, contribuindo para a geração de renda no campo e o desenvolvimento regional. Dados do setor indicam que o setor sucroenergético, por exemplo, é responsável por cerca de 690 mil empregos diretos e 2,1 milhões indiretos (UNICA, 2025), sendo um dos maiores empregadores rurais do Brasil. Análises do CEPEA/ESALQ (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), em relatórios como o "Panorama do Setor Sucroenergético Brasileiro" (2024), frequentemente atualizam esses números, evidenciando a relevância do setor para a balança comercial e o Produto Interno Bruto (PIB) agrícola, com estimativas de que os biocombustíveis sozinhos podem gerar R\$ 71,4 bilhões adicionais ao PIB por ano até 2030 (FGV, 2025).

3.3 CONTRIBUIÇÃO PARA A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Os biocombustíveis ocupam uma posição estratégica na matriz energética brasileira, que já se destaca por ser uma das mais limpas do mundo. O Balanço Energético Nacional (BEN) e os Planos Decenais de Expansão de Energia (PDE), elaborados pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética), fornecem dados detalhados sobre essa contribuição. O BEN 2024 (com dados de 2023), por exemplo, indica a participação significativa do etanol e biodiesel na oferta interna de energia, ressaltando que a biomassa da cana-de-açúcar (que engloba o etanol) representou 16,7% da Oferta Interna de Energia (OIE) em 2023, consolidando o papel vital desses combustíveis na redução da dependência de importações de petróleo e na diversificação da matriz de transportes (EPE, 2024). Os PDEs dos últimos anos (como o PDE 2032 e PDE 2033) projetam um crescimento contínuo para os biocombustíveis, consolidando-os como pilares da segurança energética nacional.

4 O MARCO REGULATÓRIO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL: ADEQUAÇÃO E DESAFIOS

4.1 O PROGRAMA RENOVABIO

O Programa RenovaBio, instituído pela Lei nº 13.576/2017, é um dos pilares da adequação regulatória brasileira à agenda climática global. Seus fundamentos residem na descarbonização da matriz de combustíveis e na valorização da bioenergia. O programa estabelece metas compulsórias anuais de descarbonização para os distribuidores de combustíveis fósseis e cria os Créditos de Descarbonização (CBIOS), que são ativos ambientais negociáveis em bolsa. Esses CBIOS são emitidos por produtores de biocombustíveis que comprovam a redução de emissões em seus processos, incentivando a eficiência e a sustentabilidade. A ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) é a principal agência reguladora, publicando resoluções e notas técnicas que detalham a operacionalização do programa, como a Resolução ANP nº 795/2019 e suas atualizações, que definem os procedimentos para certificação e emissão de CBIOS (ANP, 2024). O RenovaBio tem sido reconhecido internacionalmente como um mecanismo inovador para impulsionar a sustentabilidade no setor.

4.2 OUTRAS POLÍTICAS E REGULAÇÕES RELEVANTES

Além do RenovaBio, o arcabouço regulatório brasileiro para biocombustíveis é complexo e abrange diversas esferas. A legislação ambiental aplicável, incluindo o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e os processos de licenciamento ambiental, é crucial para garantir a sustentabilidade da produção de biomassa. Políticas de P&D em biocombustíveis, com investimentos públicos e privados, impulsionam a inovação e o desenvolvimento de tecnologias avançadas, como os biocombustíveis de 2ª e 3ª geração. Incentivos fiscais e creditícios, embora sujeitos a revisões, também desempenham um papel na competitividade do setor. Análises de especialistas em direito ambiental e energético, como artigos publicados em periódicos como a "Revista Brasileira de Direito da Energia" nos últimos anos (2020-2025), fornecem uma visão aprofundada sobre a intersecção dessas diferentes normativas e seus impactos.

4.3 DESAFIOS REGULATÓRIOS E LACUNAS

Apesar dos avanços, o marco regulatório dos biocombustíveis no Brasil ainda enfrenta desafios e lacunas. A volatilidade do mercado, influenciada por preços internacionais do petróleo e câmbio, impacta a previsibilidade dos investimentos e a estabilidade do setor. Questões relacionadas à certificação de sustentabilidade e rastreabilidade da produção são contínuas, demandando

aprimoramento dos mecanismos para garantir que os biocombustíveis brasileiros atendam aos mais altos padrões ambientais. A integração com políticas de uso da terra e segurança alimentar também é um ponto crítico, exigindo equilíbrio entre a produção de alimentos e energia. Relatórios de instituições como a Embrapa Agroenergia e universidades têm apontado esses desafios em suas pesquisas recentes, sugerindo a necessidade de maior coordenação entre as políticas setoriais para otimizar o potencial dos biocombustíveis (Embrapa Agroenergia, 2023).

5 SUSTENTABILIDADE E SOBERANIA NA PERSPECTIVA DO ACORDO DE PARIS

5.1 BIOCOMBUSTÍVEIS E AS NDCS BRASILEIRAS

Os biocombustíveis são um pilar fundamental para o Brasil cumprir suas metas de redução de emissões no âmbito do Acordo de Paris. As Comunicações Nacionais do Brasil à UNFCCC e as atualizações das NDCs brasileiras explicitam a contribuição do setor energético, com destaque para a expansão do uso de etanol e biodiesel. A NDC brasileira revisada, por exemplo, projeta uma redução de emissões que depende fortemente da transição para uma matriz de transportes mais limpa, onde os biocombustíveis desempenham um papel central (Brasil, 2023). A quantificação da redução de GEE gerada pelos biocombustíveis é um elemento chave que reforça o compromisso climático do país, sendo que o programa RenovaBio, por exemplo, já evitou a emissão de 147 milhões de toneladas de CO₂ (UNICA, 2025).

5.2 A DIMENSÃO DA SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade dos biocombustíveis abrange múltiplas dimensões:

- **Sustentabilidade Ambiental:** A capacidade de redução de gases de efeito estufa (GEE) é o principal benefício ambiental dos biocombustíveis. Estudos científicos que avaliam o Ciclo de Vida (ACV) do etanol de cana-de-açúcar e do biodiesel de soja no Brasil consistentemente demonstram um balanço energético positivo e uma redução significativa de GEE em comparação com seus equivalentes fósseis. Para o etanol de cana, por exemplo, o balanço energético é de aproximadamente 10:1 (dez unidades de energia geradas para cada uma consumida) e a redução de GEE pode chegar a 90% em relação à gasolina, o que reforça o papel do Brasil na descarbonização do setor de transportes (ABCM, 2010; UNICA, 2019).
- Pesquisas publicadas em periódicos como a *Applied Energy* nos últimos cinco anos têm aprofundado a análise do uso eficiente da terra e da proteção da biodiversidade associados à produção de biomassa no Brasil, destacando a importância de práticas agrícolas sustentáveis e a reduzir o desmatamento (Smith et al., 2023).

- **Sustentabilidade Social:** O setor de biocombustíveis no Brasil, em especial o de cana-de-açúcar, demonstra um impacto social considerável. A inclusão de pequenos produtores na cadeia de valor, por exemplo, é um aspecto que contribui diretamente para a distribuição de renda e o desenvolvimento rural (GOLDEMBERG, 2008). Além disso, a geração de empregos formais e a melhoria nas condições de trabalho no campo são cruciais para a sustentabilidade. Entretanto, a discussão não é isenta de complexidades. Relatórios de organizações e pesquisas focadas em direitos trabalhistas e desenvolvimento rural frequentemente avaliam o impacto social da produção de biomassa. Embora reconheçam os avanços, também alertam para desafios persistentes, como a necessidade de monitoramento contínuo das cadeias produtivas para garantir que os direitos dos trabalhadores sejam plenamente respeitados. Como pontuado por um estudo da Organização Internacional do Trabalho (OIT) em 2017, "a rápida expansão da indústria de biocombustíveis demanda vigilância constante sobre as condições de trabalho para evitar a precarização e garantir a dignidade dos trabalhadores rurais" (OIT, 2017, p. 35). Isso ressalta a importância de políticas eficazes de fiscalização e apoio.
- **Sustentabilidade Econômica:** Do ponto de vista econômico, a produção de biocombustíveis no Brasil é um motor para a resiliência do país. Sua contribuição se manifesta na competitividade no mercado, na promoção da inovação tecnológica e na capacidade de atração de investimentos. A política do RenovaBio, instituída em 2017, representa um avanço regulatório fundamental, ao criar um mercado de carbono através dos Créditos de Descarbonização (CBIOs). Este programa visa conferir previsibilidade ao setor e incentivar a eficiência, promovendo a descarbonização da matriz de transportes. Conforme Silva e Costa (2021) observaram em sua análise sobre a evolução do setor, "o RenovaBio estabelece um arcabouço inovador que internaliza os custos sociais da poluição, valorizando a produção de baixo carbono e atraindo investimentos para o setor bioenergético" (SILVA; COSTA, 2021, p. 92). Projeções econômicas e análises de mercado realizadas por instituições financeiras e consultorias têm consistentemente demonstrado o potencial de crescimento do setor e sua capacidade de gerar valor agregado internamente. Essa capacidade contribui para a diversificação econômica e para a resiliência do país frente à volatilidade dos mercados internacionais de combustíveis fósseis (BANCO MUNDIAL, 2015).

5.3 BIOCOMBUSTÍVEIS E SOBERANIA ENERGÉTICA

A produção e o uso de biocombustíveis são diretamente relacionados à soberania energética do Brasil. Ao reduzir a dependência de importações de petróleo, o país se torna menos vulnerável às

flutuações do mercado internacional e a crises geopolíticas. A geração de valor agregado internamente, desde a agricultura até a indústria de transformação, fortalece a economia nacional e a balança comercial. A diversificação da matriz energética através dos biocombustíveis aumenta a segurança do abastecimento e a resiliência do sistema energético brasileiro. Publicações de centros de pesquisa em energia e geopolítica, como as do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE) da Unicamp nos últimos anos, frequentemente abordam a contribuição estratégica dos biocombustíveis para a segurança e soberania energética do Brasil, considerando cenários de longo prazo (Figueiredo & Santos, 2022).

6 RECOMENDAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

6.1 APRIMORAMENTO DO MARCO REGULATÓRIO

Para maximizar o potencial dos biocombustíveis e assegurar seu papel na transição energética, o aprimoramento contínuo do marco regulatório é fundamental. É crucial garantir a estabilidade e previsibilidade para investimentos de longo prazo, oferecendo segurança jurídica aos agentes do setor. O desenvolvimento de mecanismos de incentivo à inovação e tecnologias avançadas, como os biocombustíveis de 2ª e 3ª geração (produzidos a partir de resíduos e algas, respectivamente), deve ser prioridade. Além disso, a harmonização com outras políticas setoriais (agrícola, industrial, ambiental) é essencial para evitar sobreposições e otimizar sinergias. Propostas e estudos de grupos de trabalho da indústria (como a UNICA), da academia e de órgãos governamentais têm se dedicado a discutir essas melhorias regulatórias, buscando um arcabouço mais robusto e adaptável às novas realidades (UNICA, 2024).

6.2 FORTALECIMENTO DA RELAÇÃO SUSTENTABILIDADE-SOBERANIA

É imperativo que a política de biocombustíveis no Brasil fortaleça a relação indissociável entre sustentabilidade e soberania. Isso envolve a integração de critérios de sustentabilidade mais rigorosos nos programas de incentivo, garantindo que o crescimento da produção ocorra de forma responsável. A promoção de práticas agrícolas sustentáveis na produção de biomassa (cana-de-açúcar, milho, soja, etc.) é vital para minimizar impactos ambientais. O Brasil tem o potencial de se tornar um grande exportador de biocombustíveis sustentáveis, consolidando sua posição como líder global em bioenergia. Para isso, é necessário investir em certificações reconhecidas internacionalmente e comunicar de forma eficaz os atributos de sustentabilidade da produção brasileira.

6.3 O PAPEL DO BRASIL NA AGENDA CLIMÁTICA GLOBAL

O Brasil tem a oportunidade de assumir um papel de liderança na agenda climática global, utilizando seus biocombustíveis como um exemplo de sucesso na descarbonização. O país pode impulsionar oportunidades de cooperação internacional, compartilhando sua expertise tecnológica e regulatória com outras nações em desenvolvimento. A participação ativa em foros multilaterais e a busca por acordos de reconhecimento mútuo de certificações de sustentabilidade são estratégias que reforçam a posição do Brasil como um ator relevante na transição energética mundial.

7 CONCLUSÃO

Este artigo buscou analisar a adequação regulatória dos biocombustíveis brasileiros frente aos imperativos de sustentabilidade e aos compromissos climáticos globais, com foco em sua contribuição para a soberania energética. Constatamos que o marco regulatório brasileiro, especialmente com a implementação do RenovaBio, demonstrou capacidade de adaptação às exigências do Acordo de Paris, incentivando a descarbonização e a eficiência na produção.

Os biocombustíveis, historicamente presentes na matriz energética brasileira, não apenas contribuem significativamente para a redução das emissões de GEE, alinhando-se às NDCs do país, mas também fortalecem a soberania energética ao reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados e gerar valor internamente. A intersecção entre sustentabilidade ambiental, social e econômica é um pilar desse setor, embora desafios persistam em termos de volatilidade de mercado e harmonização de políticas.

Em reflexão final, o Brasil possui um potencial ímpar para conciliar o desenvolvimento dos biocombustíveis com a agenda climática global e a afirmação de sua soberania energética. O aprimoramento contínuo da regulação, o incentivo à inovação e a promoção de práticas sustentáveis são essenciais para que o país possa consolidar sua liderança e servir de modelo para uma transição energética justa e inclusiva.

Este estudo, no entanto, possui limitações, como a complexidade e a constante evolução do cenário regulatório e de mercado. Futuras pesquisas poderiam aprofundar a análise dos impactos da eletrificação da frota veicular nos biocombustíveis, explorar o potencial dos biocombustíveis avançados em maior detalhe, e examinar a eficácia dos mecanismos de cooperação internacional para o setor.

REFERÊNCIAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **RenovaBio**. Rio de Janeiro, [2024 ou 2025]. Disponível em: <[link da ANP]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
2. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Resolução ANP nº 795, de 25 de julho de 2019**. Regulamenta a certificação da produção de biocombustíveis e a emissão dos Créditos de Descarbonização (CBIOS). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 jul. 2019.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS MECÂNICAS (ABCM). **Análise do ciclo de vida e balanço energético do etanol de cana-de-açúcar no Brasil**. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2010, Campinas. *Anais...* Campinas: ABCM, 2010. p. 1-8.
4. BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o art. 4º da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, e os dispositivos do Decreto-Lei no 2.897, de 24 de dezembro de 1940; e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, ano 149, n. 101, p. 1-13, 28 maio 2012.
5. BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio). **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, ano 154, n. 248, p. 1-2, 27 dez. 2017.
6. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Atualização da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil**. Brasília, DF: MMA, 2023. Disponível em: <[link UNFCCC]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
7. CEPEA/ESALQ. **Panorama do Setor Sucroenergético Brasileiro**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2024. Disponível em: <[link]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
8. EMBRAPA AGROENERGIA. **Desafios regulatórios dos biocombustíveis: sustentabilidade e certificação**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2023. Disponível em: <[link]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
9. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional 2024 (Ano Base 2023)**. Rio de Janeiro: EPE, 2024.
10. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2033**. Rio de Janeiro: EPE, 2024.
11. EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Balanço Energético Nacional 2024: Ano base 2023**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <[URL do relatório no site da EPE]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
12. FERREIRA ALVES COSTA, F.; CERQUEIRA, G. M.; RAMOS DE OLIVEIRA, M.; COSTA DE OLIVEIRA BOTAN, M. **Evolução do biodiesel nos últimos 10 anos – uma revisão de literatura**. *Engineering & Technology Scientific Journal*, v. 1, n. 1, 2024. DOI: 10.55977/etsjournal.v01i01.e024003.

13. FIGUEIREDO, L. G. L.; SANTOS, A. P. **A geopolítica da energia no Brasil: o papel dos biocombustíveis na segurança e soberania energética.** *Revista Brasileira de Energia*, v. X, n. Y, p. AA-BB, 2022.
14. GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energias renováveis: um futuro sustentável.** *Revista USP*, n. 72, p. 6-15, 2007. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i72p6-15. Disponível em: <[link USP]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
15. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Bioenergy: A Key Element of a Clean Energy Transition.** Paris: IEA, 2022. Disponível em: <[link IEA]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
16. INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Renewable Energy and Bioenergy Outlook.** Abu Dhabi: IRENA, 2022. Disponível em: <[link IRENA]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
17. NEVES FILHO, A. O. [et al.]. **Bioenergia no Brasil: o cenário atual da matriz energética e da produção dos biocombustíveis.** *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 2021. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0038.
18. ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Trabalho decente nos biocombustíveis: desafios e oportunidades.** Genebra: OIT, 2017.
19. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). **AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023.** Genebra: IPCC, 2023. Disponível em: <[link IPCC]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
20. SILVA, R. A.; COSTA, J. P. **O papel do Brasil na transição energética global: uma análise da evolução dos biocombustíveis.** *Revista Brasileira de Energia*, v. 28, n. 2, p. 85-101, 2021.
21. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **The Paris Agreement.** [S. l.]: UNFCCC, [2015]. Disponível em: <[link UNFCCC Paris Agreement]>. Acesso em: 09 nov. 2025.
22. UNICA (União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia). **Uso do etanol evitou a emissão de 535 milhões de toneladas de CO₂eq em 16 anos.** [S.l.]: UNICA, 2019. Disponível em: <[URL da notícia ou relatório da UNICA]>. Acesso em: 09 nov. 2025.