

**PRÁTICAS AMBIENTAIS EM EMPRESAS DO SETOR SUCROENERGÉTICO E DE
BIOENERGIA SOB A PERSPECTIVA ESG**
***ENVIRONMENTAL PRACTICES IN COMPANIES IN THE SUGAR-ENERGY AND
BIOENERGY SECTORS FROM AN ESG PERSPECTIVE***

Paulo Rogério de Araújo

Engenheiro Civil e de Segurança do Trabalho. Especialista em Gestão de Negócios—MBA Esalq/USP
engcivil_araujo@hotmail.com

Sirlei Tonello Tisott

Doutora em Agronegócios pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora do
Curso de Ciências Contábeis na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
sirlei.tisott@ufms.br

Grupo de Trabalho (GT): GT12. Impactos socioambientais das novas tecnologias no
agronegócio

Resumo

A preocupação com a sustentabilidade é essencial no mundo dos negócios, levando em consideração a atual situação socioambiental do planeta. Este tema deixou de ser apenas uma tendência e tornou-se um diferencial competitivo para empresas que adotam práticas inovadoras em seu sistema de gestão, alinhadas aos propósitos do desenvolvimento sustentável. Assim, o objetivo deste estudo foi identificar e analisar as práticas ambientais adotadas pelas empresas do setor sucroenergético e de bioenergia, bem como indicadores de desempenho disponibilizados pelos órgãos governamentais e pelas instituições que representam o setor. Foi realizada uma pesquisa qualitativa com coleta de dados dos relatórios de sustentabilidade de 15 empresas do setor tendo como parâmetro de análise o eixo ambiental do acrônimo *Environment, Social and Governance* (ESG) estabelecidos pela Norma ABNT – Prática Recomendada 2030. Há adesão, pelas empresas, de aproximadamente 80% dos critérios recomendados no eixo ambiental e somente uma contempla 100% das práticas em seu relatório. As práticas menos evidenciadas nos relatórios foram: prevenção da poluição sonora, por penas três empresas, gerenciamento de áreas contaminadas, por uma empresa e produtos perigosos por duas empresas. Foi possível observar diversas certificações que corroboram com a credibilidade das empresas no atendimento aos requisitos ambientais. As práticas ambientais adotadas pelas empresas do setor sucroenergético e de bioenergia, a crescente conscientização da importância da sustentabilidade, aliadas às políticas públicas são essenciais para o desenvolvimento sustentável do país e para a mitigação dos problemas relacionados às mudanças climáticas, garantindo um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

Palavras-chave: Impactos econômicos e socioambientais. Sustentabilidade. Evidenciação ambiental. Agronegócio da Cana-de-açúcar.

Abstract

Concern for sustainability is essential in the business world, considering the current socio-environmental situation of the planet. This topic is no longer just a trend and has become a competitive advantage for companies that adopt innovative practices in their management system, aligned with the purposes of sustainable development. Thus, the objective of this study was to identify and analyze the environmental practices adopted by companies in the sugarcane and bioenergy sectors, as well as performance indicators made available by government agencies and institutions that represent the sector. A qualitative study was conducted with data collection from the sustainability reports of 15 companies in the sector, using as a parameter for analysis the environmental axis of the acronym “*Environment, Social and Governance*” (ESG) established by the ABNT Standard – Recommended Practice 2030. There is adherence, by the companies, of approximately 80% of the criteria recommended in the environmental axis and only one includes 100% of the practices in its report. The practices least highlighted in

the reports were: noise pollution prevention, by only three companies, contaminated area management, by one company, and hazardous products by two companies. It was possible to observe several certifications that corroborate the credibility of the companies in meeting environmental requirements. The environmental practices adopted by companies in the sugarcane and bioenergy sectors, the growing awareness of the importance of sustainability, combined with public policies are essential for the sustainable development of the country and for mitigating problems related to climate change, ensuring a more sustainable future for future generations.

Key words: Economic and socio-environmental impacts. Sustainability. Environmental disclosure. Sugarcane agribusiness.

1. Introdução

O planeta enfrenta há muito tempo sérios problemas ambientais, e essa situação vem se agravando a cada ano, especialmente no que tange aos danos à camada de ozônio (Basha, 2022; Mayorova et al., 2023), que provocam aumento da temperatura terrestre, com impactos negativos à saúde de seres humanos e animais e aceleram o aquecimento global. Entre os principais fatores que causam estes problemas estão: a desflorestação, o uso de substâncias contendo clorofluorcarbonetos (CFC), a exploração excessiva de recursos naturais e a queima de combustíveis fósseis, como o petróleo, que é um dos maiores emissores de dióxido de carbono (CO₂), uma substância que contribui para a degradação da camada de ozônio (Dietrich & Almeida, 2020; Wang et al., 2023; Mayorova et al., 2023).

No âmbito empresarial, o conceito de sustentabilidade tem se tornado cada vez mais relevante, levando as empresas a se preocuparem com questões econômicas, sociais e ambientais, que representam o tripé da sustentabilidade (Tagliari et al., 2021). Dessa forma, empresas de diversos setores, incluindo o agronegócio, têm adotado variadas práticas de ESG (sigla em inglês para *Environment, Social and Governance*), contribuindo para a redução dos impactos ambientais. Isso, por sua vez, influencia positivamente o retorno das ações das empresas e atrai investidores que valorizam essas iniciativas (Soschinski & Rodrigues, 2022).

O setor sucroenergético e de bioenergia no Brasil, através dos biocombustíveis de cana-de-açúcar, tem desempenhado um papel fundamental na redução das emissões de gases de efeito estufa e no fomento ao crescimento socioeconômico do país (Lázaro & Thomaz, 2021; Cherubin et al., 2021; Julkovski et al., 2023). É importante ressaltar que pesquisas demonstram que as chamadas ‘práticas verdes’ adotadas pelo agronegócio têm gerado resultados notáveis, especialmente em períodos de dificuldades financeiras, evidenciando a eficácia e os benefícios econômicos dessas práticas sustentáveis (Guimarães & Malaquias, 2023).

Visando apoiar a adoção de práticas ESG, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022) elaborou o guia Prática Recomendada (PR) 2030 que oferece orientações para as empresas, abrangendo desde o cumprimento das normas regulatórias até questões relacionadas a uma produção mais limpa e sustentável. Além dos ganhos ambientais, essas recomendações proporcionam diversos benefícios, como a redução de custos, o controle de riscos, o aumento da sua competitividade, a valorização da marca, a satisfação dos *stakeholders* e a atração de novos investidores (Julkovski et al., 2023).

O Governo Federal tem participado ativamente nas discussões sobre políticas públicas, como o programa RenovaBio. Esta iniciativa, fundamentada em três eixos estratégicos, busca impulsionar a produção de biocombustíveis e a criação dos Créditos de Descarbonização (CBIO) (Lei n.º 13.576/2017, 2017; Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2024). Tais ações contribuem para o avanço tecnológico e para a sustentabilidade da matriz energética nacional, ao reduzir as emissões de poluentes

responsáveis pelo efeito estufa. O programa também está alinhado ao compromisso do Brasil no Acordo de Paris, que estabeleceu a meta de aumentar a participação dos biocombustíveis na matriz energética e de reduzir em 37% as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) até 2025, em comparação aos níveis de 2005 (Grangeia et al., 2022).

Anualmente, o governo determina as metas de descarbonização e certificação da produção de biocombustíveis para um período de dez anos. Os produtores recebem certificação para garantir uma nota de eficiência energético-ambiental, que é convertida em CBIOS a serem negociadas no mercado. Cada CBIO corresponde a uma tonelada de emissões evitadas (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2024). Em julho de 2023, o programa Renovabio alcançou a marca de 100 milhões de CBIOS, correspondendo a 100 milhões de toneladas de CO₂ que não foram emitidas na atmosfera (Ministério de Minas e Energia, 2023).

O setor sucroenergético e de bioenergia é fundamental para o agronegócio e para o desenvolvimento da matriz energética do país, trazendo diversos benefícios para empresas, sociedade e meio ambiente – apresenta-se como uma alternativa viável para a mitigação das mudanças climáticas e promoção da sustentabilidade (Cherubin et al., 2021). No entanto, suas ações ainda são pouco conhecidas e divulgadas. Embora haja muitas informações sobre ESG no agronegócio disponíveis na internet, há uma escassez de dados estruturados especificamente para o setor sucroenergético e de bioenergia. As informações são limitadas a alguns estudos, ações e divulgação nas mídias sociais e comunicações institucionais, informações no site das empresas e relatórios de sustentabilidade, e indicadores disponibilizados por entidades do setor e órgãos do Governo Federal.

Diante desse contexto, que ressalta os desafios ambientais e a relevância do setor sucroenergético e de bioenergia, esta pesquisa busca responder à pergunta: quais práticas ambientais são adotadas pelo setor que ajudam a minimizar os impactos ambientais no planeta? O objetivo deste estudo é identificar e analisar as práticas ambientais adotadas pelas empresas do setor sucroenergético e de bioenergia, bem como os indicadores de desempenho disponibilizados por órgãos governamentais e por instituições representativas do setor.

Assim, a pesquisa se justifica ao evidenciar a importância do setor sucroenergético e de bioenergia e os benefícios de suas práticas do ponto de vista ambiental do ESG, atendendo às exigências legais e aos objetivos do desenvolvimento sustentável. Para a comunidade científica, este estudo oferece uma perspectiva sobre ações práticas e concretas, destacando a relevância do setor no desenvolvimento da matriz energética do Brasil e sua contribuição para a transição de uma economia de baixo carbono, no enfrentamento das mudanças climáticas.

2. Procedimentos metodológicos

Para a elaboração deste trabalho, foi realizada pesquisa bibliográfica e documental (Gil, 2017). A pesquisa documental baseou-se em *sites* e documentos de entidades ligadas ao setor sucroenergético e de bioenergia, além de relatórios de sustentabilidade de empresas do segmento estudado e indicadores publicados pelo Governo Federal e instituições representativas do setor. Essa abordagem destaca a importância das ações de preservação do meio ambiente, os ganhos ecológicos obtidos e demonstra que essa questão vai além de uma simples tendência, sendo essencial para a sobrevivência do planeta e de seus habitantes.

Os dados foram coletados a partir do mapa das usinas de cana-de-açúcar disponibilizado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (2024), que apresenta uma lista de 333 usinas pertencentes a 142 grupos econômicos. Foram analisados os relatórios de sustentabilidade,

disponíveis na *internet*, de 15 dessas 142 empresas do setor sucroenergético e de bioenergia, conforme listado na Tabela 1, cujas matrizes e/ou filiais estão localizadas nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Goiás e Alagoas. A seleção das unidades estudadas foi feita com base em grupos de empresas que possuem três ou mais unidades produtivas e que publicaram relatórios de sustentabilidade referentes ao ano-safra 2022-2023. Dez dessas empresas atenderam a esse critério. Para ampliar a análise, foram selecionadas aleatoriamente cinco outras empresas que possuem apenas uma unidade produtiva, mas que também publicaram relatórios de sustentabilidade para o mesmo período, seguindo os mesmos critérios.

Considerando que essas 15 empresas selecionadas abrangem 80 unidades produtivas, o que representa 24% do total de usinas do país e 61% possuem relatórios de sustentabilidade disponíveis em seus *sites*, a amostra é considerada representativa para alcançar os objetivos deste trabalho. Nos relatórios, foram identificadas e extraídas práticas comuns entre as empresas, assim como os indicadores adotados sob a perspectiva ambiental do *Environment, Social and Governance* (ESG), de acordo com os requisitos recomendados pela Prática Recomendada 2030 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022).

Tabela 1
Universo da pesquisa

	Empresa	Quantidade de unidades produtivas	UF de atuação
1.	Grupo Raízen	33	SP, MG, MS e GO
2.	Grupo BP Bunge	11	SP, MG, GO e TO
3.	Grupo Tereos	7	SP
4.	Grupo Coruripe	5	MG e AL
5.	Grupo São Martinho	4	SP e GO
6.	Grupo Caeté	3	SP e AL
7.	Grupo CMAA	3	MG
8.	Grupo Delta	3	MG
9.	Grupo Jalles	3	GO e MG
10.	Grupo Zilor	3	SP
11.	Usinas Itamarati	1	MT
12.	BEVAP	1	MG
13.	Usina Lins	1	SP
14.	Usina São Luiz	1	SP
15.	Usina São Manoel	1	SP

Fonte: dados originais da pesquisa (2024).

Os critérios de análise foram baseados nos parâmetros da ABNT PR 2030 - ESG (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022). O eixo ambiental abrange cinco temas com critérios que orientam as empresas na adoção de práticas sustentáveis, a saber: mudanças climáticas, recursos hídricos, biodiversidade e serviços ecossistêmicos, economia circular e gestão de resíduos, gestão ambiental e prevenção da poluição.

Além disso, foram analisados estudos e dados estatísticos sobre indicadores ambientais, disponíveis nos *sites* do Ministério de Minas e Energia e Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (MME/ANP), bem como da União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (UNICA). Esses dados referem-se à matriz energética do país e aos créditos de descarbonização, permitindo uma análise do desempenho do Brasil em relação às metas estabelecidas.

A Tabela 2 apresenta o eixo ambiental com os temas e critérios correspondentes, de acordo com os parâmetros da ABNT PR 2030 - ESG (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022).

Tabela 2

Indicadores de sustentabilidade – eixo ambiental

Eixo	Tema	Crítérios
Ambiental	Mudanças climáticas	Mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE)
		Adaptação às mudanças climáticas
		Eficiência energética
	Recursos hídricos	Uso da água
		Gestão de efluentes
	Biodiversidade e serviços ecossistêmicos	Conservação e uso sustentável da biodiversidade
		Uso sustentável do solo
	Economia circular e gestão de resíduos	Economia circular
		Gestão de resíduos
	Gestão ambiental e prevenção da poluição	Gestão ambiental
		Prevenção da poluição sonora (ruídos e vibrações)
		Qualidade do ar (emissão de poluentes)
		Gerenciamento de áreas contaminadas
		Produtos perigosos

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022).

A Tabela 3 apresenta os principais indicadores.

Tabela 3

Indicadores

Indicadores	Fonte
Evolução das Certificações e Renovações	MME / ANP
Unidades produtoras certificadas por tipo de biocombustível	UNICA
Percentual de eficiência energética por tipo de biocombustível	MME / ANP
Acompanhamento anual das metas de CBIO	MME / ANP
Participação da bioeletricidade da cana de açúcar na matriz elétrica	UNICA

Fonte: dados originais da pesquisa (2024)

Legenda: MME – Ministério de Minas e Energia; ANP – Agência Nacional de Petróleo; UNICA – União da Indústria de Cana de Açúcar e Bioenergia

Foi conduzida uma análise qualitativa dos dados com o objetivo de evidenciar, por meio de ações concretas adotadas pelas empresas do setor sucroenergético e de bioenergia, bem como por entidades do Governo Federal, como essas iniciativas contribuem para o desenvolvimento sustentável das organizações, da sociedade em geral e do meio ambiente. A pesquisa qualitativa é fundamentalmente interpretativa, permitindo que o pesquisador interprete os dados obtidos para extrair conclusões sobre seu significado (Creswell, 2007).

3. Resultados e Discussão

3.1 Práticas ambientais adotadas pelas empresas

Foram analisados os relatórios de 15 empresas. É importante mencionar que uma delas,

em vez de publicar o relatório de sustentabilidade, divulgou um relatório exclusivo sobre *Environment, Social and Governance (ESG)*. Ao considerar as práticas ambientais recomendadas pela NBR PR 2030 (2022), nota-se que aproximadamente 80% dessas práticas estão presentes nos relatórios analisados. Apenas uma empresa abange 100% das práticas em seu relatório, coincidentemente a mesma que divulga o relatório ESG. Os aspectos menos abordados nos relatórios de sustentabilidade incluem a prevenção da poluição sonora, o gerenciamento de áreas contaminadas e o manejo de produtos perigosos. A Tabela 4 apresenta a lista dos critérios ambientais e as empresas que incorporaram essas práticas em seus relatórios.

Tabela 4

Práticas ambientais adotadas pelas empresas

Eixo ambiental	Empresas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adaptação às mudanças climáticas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Eficiência energética	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Uso da água	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gestão de efluentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conservação e uso sustentável da biodiversidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Uso sustentável do solo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Economia circular	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gestão de resíduos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gestão ambiental	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Prevenção da poluição sonora	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
Qualidade do ar (emissão de poluentes)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Gerenciamento de áreas contaminadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Produtos perigosos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

Nota: **1** – as empresas divulgam informações no eixo ambiental; **0** – as empresas não divulgam informações no eixo ambiental

As Tabelas 5 a 9 apresentam as principais iniciativas implementadas pelas empresas em relação aos cinco temas do eixo ambiental, começando pelo tema das mudanças climáticas. No que diz respeito a esse assunto, todas as empresas analisadas demonstram ações que evidenciam o cumprimento dos requisitos para a mitigação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e a promoção da eficiência energética. No entanto, uma das empresas não reporta a realização de ações voltadas para a adaptação às mudanças climáticas.

Esse desafio é uma preocupação que remonta a Revolução Industrial e, especialmente, ganhou destaque a partir do século XX. Com o avanço desse setor, os níveis crescentes de CO₂ na atmosfera intensificaram o efeito estufa natural, aumentando o aquecimento global e as mudanças climáticas (Silva, et al., 2021). O aumento gradual da temperatura média da atmosfera e dos oceanos é, majoritariamente, causado por atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento. Esse aquecimento pode ocasionar alterações nos padrões climáticos, elevação do nível do mar e desastres naturais mais severos (Wang et al., 2023; Silva, et al., 2021).

Para mitigar as emissões antropogênicas de GEE, é essencial implementar ações que incluem desde inovações tecnológicas para otimizar o uso de recursos até medidas específicas para diminuir a emissão desses gases. A redução das emissões requer medição e monitoramento, gestão de riscos, identificação de oportunidades e transparência para as partes

interessadas. O inventário de emissões se destaca como uma ferramenta importante para medir, quantificar e registrar as emissões, permitindo o mapeamento e a definição de metas e melhorias (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022). Inovações ambientais e uma governança efetiva são fundamentais para reduzir as emissões de CO₂, independentemente da pontuação de inovação ambiental em ESG da empresa (Baratta et al., 2023).

Tabela 5
Mudanças climáticas

Critérios	Ações desenvolvidas pelas empresas
Mitigação de Emissões de gases de efeito estufa (GEE) 15 empresas	Implementação tecnologias avançadas em caldeiras à vapor, com sistemas de lavadores de gases para redução de emissões. Esforços para reduzir as emissões de combustíveis fósseis e aumentar o sequestro de carbono. Geração de energia a partir da biomassa, utilizando o bagaço da cana-de-açúcar, para minimizar o desperdício e reduzir os impactos ambientais. Aumento da produção de energia renovável. Adesão e certificação da empresa pelo programa Renovabio. Apresentação de dados referente a emissão (e redução) de GEE.
Adaptação às mudanças climáticas 14 empresas	Identificação e análise de riscos de mudanças climáticas integrada à gestão de riscos. Esforços para reduzir emissões e consumo de recursos naturais. Compromisso de fortalecimento da capacidade de lidar com os impactos das mudanças climáticas. Monitoramento dos fornecedores críticos sob a ótica ESG para garantia de que estejam aderentes aos critérios mínimos de sustentabilidade. Investimento em mecanismos de mensuração e compreensão da magnitude das emissões de GEE. Estabelecimento de indicadores e métricas para avaliar a gestão climática.
Eficiência energética 15 empresas	Autossuficiência na geração e consumo de energia renovável, por meio da biomassa do bagaço da cana-de-açúcar. Exportação do excedente de energia para as redes das concessionárias de energia elétrica. Conversão do calor em vapor para alimentar turbinas acopladas a geradores. Planejamento de expansão da capacidade de cogeração. Inclusão de iniciativas relacionadas a eficiência energética nos investimentos em inovação e desenvolvimento de tecnologias. Produção de biocombustíveis para abastecimento de frotas. Sistema de irrigação por gotejamento.

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

A adaptação às mudanças climáticas abange ações e estratégias voltadas para a redução da vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos impactos decorrentes dessas alterações (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022). Nesse contexto, o compromisso do Brasil com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) e a relevância do etanol de cana-de-açúcar impulsionaram o setor sucroenergético a pleitear políticas que reconhecessem os biocombustíveis como fundamentais para a matriz energética nacional, uma vez que o etanol contribui para a segurança energética, o desenvolvimento econômico e a mitigação das emissões de GEE, especialmente no setor de transportes (Benites-Lazaro & Thomaz, 2021).

No que concerne ao critério eficiência energética, a cana-de-açúcar se destaca pela sua eficiência no uso de nitrogênio, o que é um fator determinante para seu elevado balanço energético (Bordonal et al., 2018). Além disso, a biomassa desempenha um papel crucial na transição energética ao ajudar a estabilizar o sistema energético, reduzir as emissões de CO₂ e atender à crescente demanda por energia (Zagaria et al., 2023).

Quanto ao tema recursos hídricos, todas as empresas implementam ações em dois aspectos principais: uso da água e gestão de efluentes, conforme ilustrado na Tabela 6. As alterações climáticas afetam a disponibilidade da água, com o aumento da evapotranspiração, mudanças nos padrões de precipitação e maior frequência de cheias e secas (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022), aliado à evidência de que temperatura média

global está em ascensão e o nível do mar aumenta devido à expansão térmica da água (Beans, 2023).

Os efluentes gerados por atividades domésticas, industriais e agrícolas podem poluir os corpos d'água se não forem tratados adequadamente (Ayele & Assefa, 2022). Esses efluentes, oriundos do uso da água em processos industriais, necessitam de tratamento antes de reaproveitamento ou descarte. É crucial conhecer sua composição e garantir a remoção de contaminantes, respeitando os limites de concentração e os padrões de qualidade definidos pela legislação (Egbuikwem et al., 2021; Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022). Desenvolver metodologias consistentes e transparentes, com métricas padronizadas, é fundamental para a comparação de resultados entre amostras (Baratta et al., 2023) e atende às demandas dos protocolos de gestão de recursos naturais e energia limpa, assegurando as necessidades das futuras gerações (Lee et al., 2021).

Tabela 6

Recursos hídricos

Critérios	Ações desenvolvidas pelas empresas
Uso da água 15 empresas	Planos de gestão da água. Monitoramento das vazões e captações de águas superficiais (rios) e subterrâneas (poços artesianos). Avaliação do risco hídrico por meio de ferramentas específicas. Monitoramento da qualidade da água. Circuito fechado para reutilização da água. Criação de grupos de estudo para analisar outras possíveis formas de redução do consumo de água. Gestão de mananciais e corpos d'água, por meio de atividades de preservação e conservação e/ou de recuperação.
Gestão de efluentes 15 empresas	Monitoramentos dos efluentes gerados, com planos de ação para corrigir desvios identificados. Reaproveitamento dos efluentes gerados no processo conhecidos por "Vinhaça", para fertirrigação das lavouras de cana-de-açúcar. Tratamento dos efluentes em lagoas de estabilização antes do lançamento em cursos d'água. Práticas de monitoramento dos aquíferos em pontos estratégicos e mananciais para assegurar a conformidade com as diretrizes dos órgãos ambientais.

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

Outro assunto abordado refere-se à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos. As ações das empresas analisadas estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7

Biodiversidade e serviços ecossistêmicos

Critérios	Ações desenvolvidas pelas empresas
Conservação e uso sustentável da biodiversidade 15 empresas	Inclusão da análise da biodiversidade em planos e programas das empresas, como: Plano de gestão ambiental, Plano de gerenciamento da biodiversidade, entre outros. Redução da população de pragas sem afetar outras espécies benéficas para o cultivo. Esforços para ampliar a recuperação e conservação de áreas de vegetação nativa. Participação ou desenvolvimento de projetos sociais de produção de mudas para ações de arborização, plantio de espécies nativas. Mapeamento para classificação da biodiversidade. Monitoramento da fauna nas áreas de atuação com o objetivo de acompanhar os possíveis impactos de suas atividades.
Uso sustentável do solo 15 empresas	Sistemas de preparo de solo reduzido. Rotação de cultura com adubos verdes. Plantio direto com grãos. Planejamento com metas e indicadores para minimizar processos erosivos. Utilização de resíduos do processo, como a palha da cana, a torta de filtro, a cinza e a vinhaça como biofertilizantes. Gestão da fertilidade do solo e nutrição das plantas. Medidas de contenção, curvas de nível e atividades georreferenciadas. Plano de Recuperação de Áreas Degradadas.

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

A biodiversidade abrange a variedade de seres vivos de todas as origens, incluindo ecossistemas terrestres, marinhos e aquáticos, assim como os complexos ecológicos a que pertencem. Essa variabilidade contempla a diversidade dentro das espécies, entre as espécies e entre os ecossistemas (Turyasingura & Mohammed, 2022), possuindo valores sociais, econômicos, ecológicos, científicos, educacionais, culturais, recreativos e estéticos. Nesse sentido, é evidente a necessidade das empresas integrarem a análise da biodiversidade em suas estratégias de gestão ambiental e de conservação da biodiversidade, com o objetivo de garantir a sustentabilidade das operações agrícolas e a proteção dos ecossistemas locais (Brito et al., 2023).

O solo é um recurso natural não renovável essencial para ecossistemas e atividades humanas, para a produção de alimentos, fibras e bioenergia, além de fornecer serviços ecossistêmicos como nutrientes, estocagem de carbono, regulação climática, biodiversidade e segurança hídrica (Cherubin et al., 2021). A conservação do solo, por meio de técnicas que preservam sua qualidade física, química e biológica, é fundamental para garantir esses serviços e otimizar seu uso. Práticas adequadas de conservação mantêm a qualidade do solo e asseguram a sustentabilidade a longo prazo (Page et al., 2020).

O quarto tema aborda a economia circular e gestão de resíduos. Todas as empresas avaliadas cumprem esses critérios e apresentam, em seus relatórios, as ações implementadas, conforme indicado na Tabela 8. Em contraste com o tradicional modelo linear de extração, produção, consumo e descarte, a economia circular tem como objetivo otimizar o uso de recursos ao longo de toda a cadeia de valor, além de incentivar a eficiência e a reutilização de produtos e materiais. Ao se alinhar aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), essa abordagem destaca sua relevância para o progresso do desenvolvimento sustentável (Alhawari et al., 2021; Sánchez-García et al., 2024). Isto não só reduz custos e perdas, mas também cria valor e novas fontes de rendimento, reduzindo assim os impactos sociais e ambientais negativos (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022).

Tabela 8

Economia circular e gestão de resíduos

Critérios	Ações desenvolvidas pelas empresas
Economia circular 15 empresas	Reaproveitamento dos resíduos originários do processo produtivo para fertirrigação e fertilidade do solo. Reaproveitamento dos resíduos originários da colheita para a cogeração de energia elétrica. Autossuficiência na geração e consumo de energia elétrica.
Gestão de resíduos 15 empresas	Implantação de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Acondicionamento e destinação adequada dos resíduos perigosos e não perigosos. Reaproveitamento ou reciclagem de resíduos não perigosos, dentro dos princípios de Economia Circular. Projeto para construção de instalação para sistema biodigestão de resíduos para geração de biometano. Logística reversa para a destinação de alguns tipos de resíduos como: embalagens de grande volume, defensivos agrícolas e baterias.

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

Entre as iniciativas adotadas pelas empresas, destaca-se a fertirrigação, uma tecnologia recente que envolve o reaproveitamento de águas residuárias para aprimorar o rendimento e a qualidade das culturas. Essa prática possibilita um controle mais eficaz da umidade e dos nutrientes essenciais, representando uma alternativa eficiente às técnicas tradicionais de irrigação, ao mesmo tempo que ajuda a mitigar a escassez de água e diminui a dependência de fertilizantes minerais (Mainardis et al., 2022; Lin et al., 2020).

No que diz respeito aos resíduos sólidos, pesquisas revelam que o setor de cana-de-açúcar e etanol gera anualmente cerca de 280 milhões de toneladas de resíduos sólidos e líquidos. Entre

esses, incluem-se as palhas da cana-de-açúcar e os resíduos gerados pelo processo industrial, como bagaço, lodos de prensa e vinhaça. A gestão inadequada pode causar contaminação ambiental e problemas de saúde (Ungureanu et al., 2022). Por isso, um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) é fundamental para o licenciamento ambiental e a implementação da logística reversa, facilitando a coleta e o reaproveitamento dos resíduos. Tais ações promovem impacto positivo no desempenho ambiental e na sustentabilidade das práticas de gestão, além de contribuir para a redução de custos, criar vantagens competitivas e melhorar a imagem da empresa (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022; Banihashemi et al., 2019).

Por fim, foi abordado o tema gestão ambiental e prevenção da poluição. As ações relacionadas a este tema estão apresentadas na Tabela 9. Dentre todas as áreas, essa é a que mostra menor adesão por parte das empresas, especialmente em relação à prevenção da poluição sonora, com iniciativas registradas apenas em três empresas. No que tange ao gerenciamento de áreas contaminadas, apenas uma empresa indicou a elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA), afirmando não ter identificado situações de contaminação decorrentes de suas operações, seja em corpos hídricos ou no solo, e apenas duas empresas relataram ações voltadas à gestão de produtos perigosos.

A gestão ambiental busca equilibrar a proteção do meio ambiente com necessidades sociais e econômicas, promovendo o uso racional dos recursos naturais e o cumprimento legal. Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) ajuda organizações a avaliar e gerenciar riscos ambientais, otimizar processos e melhorar o desempenho, além de identificar desperdícios, aumentar a competitividade, reduzir custos e aprimorar a reputação. Embora a certificação do SGA seja voluntária, sua adoção é essencial para manter a competitividade e garantir acesso a melhores financiamentos e oportunidades de negócios (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022; Lee et al., 2021).

Tabela 9

Gestão ambiental e prevenção da poluição

Crítérios	Ações desenvolvidas pelas empresas
Gestão ambiental 15 empresas	Plano de Gestão Ambiental. Certificação em Sistema de Gestão Ambiental (ISO 14000). Realização de estudos de Aspectos e Impactos Ambientais. Análise de ciclo de vida do produto. Avaliação de impacto ambiental em fornecedores.
Prevenção da poluição sonora 3 empresas	Identificação do aspecto ruído no estudo de aspectos e impactos ambientais. Definição de pontos de amostragem e medições de ruído nas comunidades. Elaboração de laudo técnico quantitativo do ruído gerado nos processos.
Qualidade do ar 14 empresas	Substituição do uso do diesel S-500 para o diesel S-10, que é menos poluente devido à menor quantidade de enxofre em sua composição. Monitoramento das emissões de fumaça preta dos veículos da frota por meio da Escala Ringelman. Eliminação do processo de queima de cana-de-açúcar na lavoura. Monitoramento regular da qualidade do ar nas áreas ao redor das instalações. Implementação de Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas. Controle e monitoramento das emissões geradas da queima do bagaço de cana-de-açúcar. Análises dos gases provenientes das chaminés das caldeiras. Utilização de lavadores de gases das caldeiras, garantindo baixos níveis de poluentes.
Gerenciamento de áreas contaminadas 1 empresa	Elaboração de Estudo de Impacto ambiental e do Relatório de Impactos ao Meio Ambiente [EIA-RIMA], afirmando que não identificou qualquer situação de contaminação proveniente de suas operações, sejam em corpos hídricos ou no solo.
Produtos perigosos 2 empresas	Gerenciamento dos produtos perigosos em várias etapas do processo. Análise dos riscos envolvidos. Atendimento às legislações pertinentes. Procedimentos para transportes de produtos perigosos.

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

A poluição sonora, resultante de ruídos perturbadores para pessoas e animais, é um problema significativo em áreas urbanas. O ruído antropogênico, proveniente do tráfego e de atividades industriais e recreativas, frequentemente ultrapassa os limites legais. Para mitigar os impactos, as organizações devem estar atentas à legislação ambiental, realizar avaliações e responder a queixas, controlando o ruído gerado (Sordello et al., 2019). A prevenção envolve ações para reduzir a emissão ou propagação, uso de tecnologias silenciosas, manutenção de equipamentos e aplicação de revestimentos acústicos (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022; Farooqi et al., 2022). Enquanto, as emissões atmosféricas, que incluem substâncias líquidas, sólidas ou gasosas, geram poluição, também, quando ultrapassam os limites legais, impactando a saúde, o meio ambiente e a qualidade de vida. As principais fontes são a queima de combustíveis e a dispersão de poeira (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022; Manisalidis et al., 2020). A gestão ambiental busca controlar essas emissões por meio de programas específicos, monitorando poluentes e estabelecendo limites para garantir a conformidade com os padrões das agências ambientais (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022; Sahu et al., 2021).

Áreas contaminadas são locais impactados por ações humanas que introduzem substâncias nocivas, resultando em riscos à saúde humana, fauna, flora e à qualidade do solo, água e ar (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022; Gao et al., 2022; Sinnett et al., 2022). O gerenciamento dessas áreas visa mitigar esses riscos por meio de remediação, monitoramento, reutilização sustentável e envolvimento da comunidade, lidando com contaminantes como combustíveis e resíduos industriais. Também existem os produtos perigosos, que incluem substâncias naturais ou sintéticas que, devido a suas propriedades, representam riscos à saúde e ao meio ambiente. Esses materiais, como radioativos e inflamáveis, estão sujeitos a regulamentações e são comuns em setores como agricultura e indústria, apresentando perigos para trabalhadores e comunidades (Associação Brasileira de Normas Técnicas - PR 2030, 2022; Sinnett et al., 2022).

3.2 Certificações ambientais

Após identificar as iniciativas ligadas ao eixo ambiental adotadas pelas empresas analisadas, foi possível observar que muitas das certificações relatadas corroboram a seriedade dessas empresas em relação ao cumprimento dos requisitos ambientais (Tabela 10). Entre essas certificações, destacam-se:

- **Bonsucro:** certificação internacional que verifica a conformidade dos processos da produção da cana-de-açúcar visando a redução dos impactos ambientais e sociais.
- **Renovabio:** certificação nacional que atesta a produção de biocombustíveis das empresas, para assegurar o atendimento as expectativas do programa.
- **ISO 14.000:** certifica o sistema de gestão ambiental das empresas.
- **Etanol mais verde:** estabelece diretrizes técnicas para as unidades produtoras de açúcar e etanol no Brasil, visando promover o reconhecimento de práticas sustentáveis das empresas.
- **California Air Resources Board (Carb):** certificação exigida pelos Estados Unidos para a exportação de biocombustíveis para assegurar a proteção do público contra os efeitos danosos da poluição do ar e o desenvolvimento de ações que combatam as mudanças climáticas.
- **Renewable Fuel Standard (RFS2) e Environmental Protection Agency (EPA):**

certificação da Agência de Proteção Ambiental Americana que atesta a sustentabilidade do etanol produzido e o confirma como um biocombustível avançado.

- *Farm Sustainability Assessment*: certificação de organização independente que avalia a sustentabilidade das matérias-primas agrícolas em três eixos: proteção ambiental, gestão econômica e social
- *International Renewable Energy Certificate (I-REC)*: certificação internacional que comprova que a energia elétrica consumida é proveniente de uma fonte de energia renovável.
- Regenagri: atesta que a produção de cana-de-açúcar da companhia é oriunda de agricultura regenerativa.
- *Low Carbon Fuel Standard*: certifica que a cadeia de produção de etanol se mantém alinhada ao Padrão de Combustível de Baixo Carbono.
- *International Sustainability & Carbon Certification (ISCC)*: estabelece um sistema internacional viável e transparente para certificar biomassa e bioenergia.
- Energia verde: certificado concedido para usinas produtoras de bioeletricidade que cumprem requisitos de geração renovável e de eficiência energética.

Tabela 10

Empresas com certificação ambiental

Certificações	Empresas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bonsucro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Renovabio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ISO 14.000	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Etanol mais verde	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
California Air Resources Board	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Renewable Fuel Standard / EPA	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Farm Sustainability Assessment	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
International Renewable Energy Certificate	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Regenagri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Low Carbon Fuel Standard	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
International Sustainability & Carbon Certification	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia Verde	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Total	7	6	8	3	9	2	2	2	3	7	7	4	7	3	5

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

Nota: **1** – empresas certificadas; **0** – empresas não certificadas

As certificações têm um papel fundamental na promoção da sustentabilidade e na garantia de conformidade com normas ambientais. Elas servem como instrumentos que atestam o compromisso das empresas com o meio ambiente, a sociedade e a economia, favorecendo a transparência e a confiança no mercado.

3.3 Indicadores do setor sucroenergético e de bioenergia

Em 2017, o Governo Federal promulgou a Lei 13.576 de 26 de dezembro de 2017, que estabelece o Renovabio, a Política Nacional de Biocombustíveis. Essa iniciativa faz parte da Política Energética Nacional e visa cumprir o compromisso do Brasil no Acordo de Paris, com o objetivo de reduzir a intensidade de carbono da matriz de transportes, promovendo o uso

ampliado de biocombustíveis, como etanol, biodiesel e biometano. A meta é reduzir em 37% as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) até 2025, alcançando níveis inferiores aos de 2005 (Agência Nacional de Petróleo, 2024; Grangeia et al., 2022). O programa reconhece a relevância econômica, social e ambiental dos biocombustíveis e busca garantir previsibilidade para o mercado.

Por meio deste programa, o Governo Federal estabelece metas anuais de descarbonização para as distribuidoras de combustíveis, que devem cumprir tais metas comprando e retirando de circulação os Créditos de Descarbonização (CBIO), que são negociáveis na bolsa de valores e resultam da certificação do processo produtivo de biocombustíveis. Embora a certificação seja voluntária, ela oferece aos produtores e importadores uma Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA), que é inversamente proporcional à intensidade de carbono do biocombustível produzido, refletindo a contribuição de cada produtor na redução de gases de efeito estufa em relação aos combustíveis fósseis (Agência Nacional de Petróleo, 2024).

A certificação da produção de biocombustíveis leva em consideração a origem da biomassa energética gerada no país, proveniente de empresas rurais que possuem Cadastro Ambiental Rural (CAR) e que não realizam a supressão de vegetação nativa, em conformidade com a legislação do Renovabio. Os produtores ou importadores interessados em participar do processo de certificação devem contratar uma instituição inspetora, credenciada pela ANP, para realizar a Certificação de Biocombustível e validar a eficiência por meio do registro da NEEA e do volume habilitado. O Certificado de Produção Eficiente de Biocombustíveis (CPEB) é emitido após a aprovação de todo o processo pela Agência Nacional de Petróleo (2024) e tem validade de três anos.

Assim, quanto aos indicadores de desempenho, constata-se que o setor sucroenergético e de bioenergia está avançado no cumprimento das metas definidas pelo Governo Federal, especialmente ao se considerar a proporção de certificações obtidas e em processo de renovação, em comparação com outros biocombustíveis. Ao analisar os dados sobre a evolução das certificações e renovações, observa-se que o número de certificações atingiu seu pico no primeiro ano completo do programa, em 2020, seguido de uma queda significativa nos anos subsequentes. Em contrapartida, o número de renovações começou a crescer anualmente a partir de 2021, com o maior volume de renovações registrado em 2023 (Figura 1). O aumento contínuo das renovações evidencia o comprometimento das empresas com o programa.

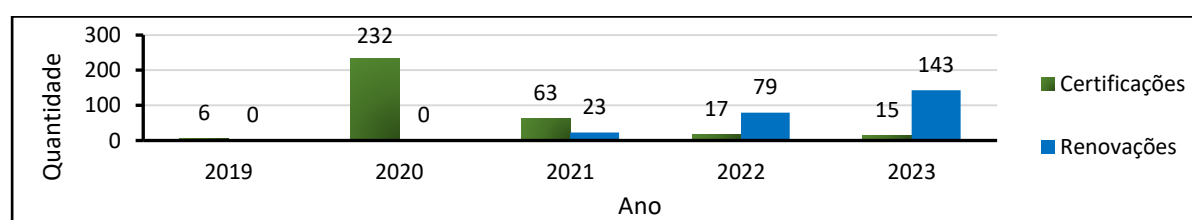


Figura 1: Evolução das Certificações e Renovações.
Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

A Tabela 11 mostra a distribuição das certificações conforme o tipo de biocombustível. Dentre elas, 295 estão relacionadas à produção de etanol anidro e hidratado, o que corresponde a 87% do total de Unidades Produtoras Certificadas (UPC). Além disso, há 42 certificações em processo, das quais 34, ou seja, 81%, estão ligadas à produção de etano.

Tabela 11

Unidades produtoras certificadas por tipo de biocombustível

	Percentual de Usinas Certificadas	Percentual de Usinas com Certificações em Andamento
Etanol	87%	81%
Biodiesel	12%	14%
Biometano	1%	5%

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

É fundamental ressaltar que, no processo de obtenção ou renovação do Certificado de Produção Eficiente de Biocombustíveis, diversos requisitos devem ser atendidos. Dentre eles, destaca-se a NEEA, que é mencionada no certificado e, conforme definido pela Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, refere-se à relação entre a intensidade de carbono do combustível fóssil substituto e a do biocombustível. Esse cálculo é realizado com base em uma metodologia padronizada, que leva em consideração vários parâmetros relacionados à produção agrícola, como o uso de fertilizantes, combustíveis e eletricidade. Para facilitar o processo, o Governo Federal disponibiliza o aplicativo RenovaCalc, que gera automaticamente a NEEA a partir dos dados inseridos. Uma pontuação mais alta indica um menor impacto ambiental e uma maior eficiência.

A Agência Nacional de Petróleo, por meio do painel dinâmico do Renovabio, apresenta que, em média, o etanol oferece eficiência energética que varia entre 58% e 64%. Esses dados são comparados com os índices médios do biodiesel e biometano, conforme ilustrado na Figura 2.

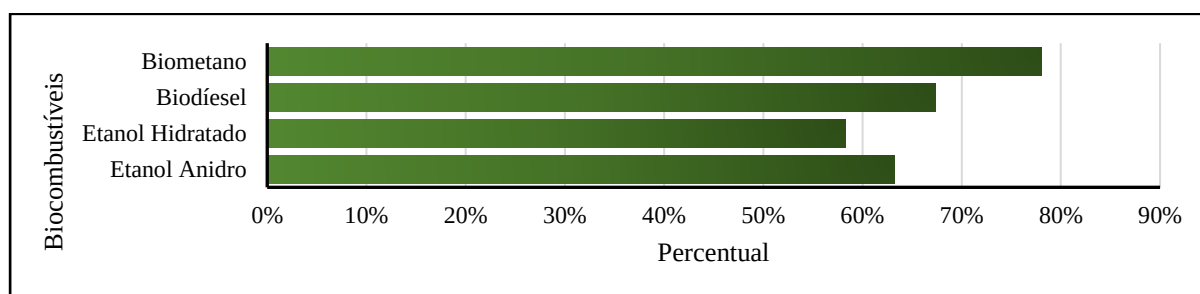


Figura 2: Percentual de eficiência energética por tipo de biocombustível.

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

O CBIO, parte do programa Renovabio, foi criado para certificar que os distribuidores de biocombustíveis atendem às metas estabelecidas pelo Governo Federal. Em essência, um CBIO representa uma tonelada de CO₂eq que deixou de ser emitida devido ao uso de biocombustíveis, sendo atribuído ao produtor com base no volume comercializado conforme os critérios do programa (Agência Nacional de Petróleo, 2024). Anualmente, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) publica uma resolução com as metas de descarbonização para os próximos 10 anos, essenciais para o planejamento das empresas em relação ao uso de combustíveis fósseis (Grangeia, et al., 2022). Os dados mostram que, desde o início do programa, as metas têm sido constantemente superadas, alcançando sempre resultados acima de 100% (Figura 3).

Outro aspecto relevante do setor sucroenergético e de bioenergia é sua contribuição para a matriz elétrica do país, por meio da geração de bioeletricidade a partir da biomassa do bagaço da cana-de-açúcar. Segundo dados da UNICA, entre 3% e 4% da energia elétrica gerada

anualmente no Brasil é proveniente do bagaço de cana-de-açúcar, revelando que a produção de bioeletricidade atinge seu pico durante a safra, que ocorre entre abril e dezembro.

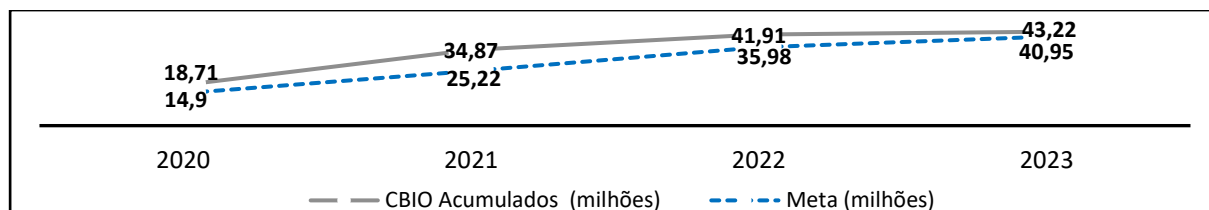


Figura 3: Acompanhamento anual das metas de CBIO.

Fonte: resultados originais da pesquisa (2024).

A análise dos indicadores mostra um avanço considerável do setor sucroenergético e de bioenergia em relação ao eixo ambiental do ESG, especialmente no que diz respeito ao cumprimento das metas de descarbonização estabelecidas pelo governo, como no programa RenovaBio. Os dados indicam que o setor está em constante progresso na certificação de biocombustíveis, ultrapassando anualmente as metas estabelecidas para os CBIOs. Embora as certificações tenham apresentado uma tendência de queda após um pico inicial, é evidente que o programa e o compromisso das empresas se mantêm, refletidos no aumento do processo de renovação dessas certificações. Além disso, os indicadores sublinham a importância do setor na matriz energética nacional, destacando sua contribuição para a geração de bioeletricidade a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Em suma, esta análise conclui que, de forma integrada, esses indicadores evidenciam um setor fundamental na transição energética do Brasil, contribuindo de maneira significativa para a mitigação das mudanças climáticas.

A problemática abordada neste contexto requer a implementação de políticas públicas sólidas e integradas, como o programa RenovaBio, que articula metas de descarbonização com incentivos econômicos, ilustrando a sinergia entre a regulamentação governamental e a inovação do setor. O setor sucroenergético, ao superar sistematicamente as metas anuais de CBIOs e aumentar sua participação na matriz energética por meio da bioeletricidade e biocombustíveis, destaca sua importância estratégica na redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e no cumprimento dos compromissos internacionais do Brasil, como os estabelecidos no Acordo de Paris.

Contudo, a eficácia dessas políticas está atrelada à manutenção de mecanismos de transparência, como certificações, e à utilização de indicadores padronizados, que validam as práticas ambientais e atraem investimentos. Apesar dos progressos já alcançados, persistem desafios, como uma maior adesão aos critérios ambientais evidenciados na análise dos relatórios de sustentabilidade e a urgência de expandir a disseminação de tecnologias sustentáveis para um número maior de empresas do setor. A convergência entre as políticas públicas, o engajamento corporativo e as demandas globais por sustentabilidade reforça a importância do setor, não apenas sob a perspectiva econômica, mas, sobretudo, como agente catalisador para uma economia de baixo carbono, harmonizando competitividade com responsabilidade socioambiental.

4. Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivo identificar e analisar as práticas ambientais adotadas pelas empresas do setor sucroenergético e de bioenergia, bem como indicadores de

desempenho disponibilizados pelos órgãos governamentais e pelas instituições que representam o setor. A adesão das empresas a 80% dos critérios recomendados pela NBR PR 2030-2022, juntamente com as certificações dos biocombustíveis através do programa RenovaBio e outras certificações nacionais e internacionais, destaca o comprometimento dessas organizações com a sustentabilidade. Esse compromisso está alinhado com as metas de descarbonização estabelecidas pelo Governo Federal e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Essas iniciativas não apenas atendem às exigências legais e políticas públicas, mas também geram benefícios para o meio ambiente e a sociedade.

Para as empresas, além de gerar benefícios socioeconômicos, essa abordagem fortalece a competitividade e aprimora a imagem no mercado. A adoção de tecnologias avançadas e o comprometimento com a sustentabilidade, evidenciados por meio das ações descritas nos relatórios, ressaltam a importância do setor na matriz energética brasileira, especialmente na produção de biocombustíveis como o etanol, ajudando a diminuir as emissões de carbono. A análise dos indicadores indica que o setor está progredindo de maneira positiva, contribuindo para a redução das emissões de carbono e, por conseguinte, para o desenvolvimento da matriz energética do país.

Portanto, as práticas ambientais adotadas pelas empresas do setor sucroenergético e de bioenergia, juntamente com a crescente conscientização sobre a importância da sustentabilidade e as políticas públicas, são não apenas eficazes, mas também fundamentais para o desenvolvimento sustentável do país. Elas desempenham um papel crucial na mitigação dos problemas associados às mudanças climáticas, assegurando um futuro mais sustentável para as gerações vindouras.

Por fim, este estudo oferece contribuições significativas à comunidade científica ao apresentar ações práticas e objetivas das empresas do setor sucroenergético e de bioenergia, além de alguns indicadores de desempenho desse importante segmento. O trabalho estimula a continuidade da pesquisa, que pode se concentrar na análise de novos projetos de ações ambientais e no aprofundamento da composição dos indicadores. Ambas as abordagens visam explorar os benefícios para todos os aspectos do acrônimo ESG, com um foco particular no pilar ambiental. A pesquisa se restringiu à análise de ações em curso, demonstradas nos relatórios de sustentabilidade das empresas e em indicadores efetivos divulgados pelo governo ou por instituições representativas do setor.

Referências

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2024). *Painel dinâmico RenovaBio*. <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-sobre-combustiveis>.

Alhawari, O., Awan, U., Bhutta, M.K.S., & Ülkü, M.A. (2021). Insights from Circular Economy Literature: A Review of Extant Definitions and Unravelling Paths to Future Research. *Sustainability*, 13(859), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su13020859>

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2022). *Prática Recomendada: ABNT PR 2030: Ambiental, social e governança (ESG) — Conceitos, diretrizes e modelo de avaliação e direcionamento para organizações*. Rio de Janeiro: ABNT.

Ayele, B.G., & Assefa, E. (2022). Liquid Waste Management Practices and the Role of Communal Treatment Plant in the Eastern Industrial Park of Dukem town, Ethiopia. *International Journal of Water and Wastewater Treatment*, 8(2), 1-13. <https://dx.doi.org/10.16966/2381-5299.184>

Banihashemi, T.A., Fei, J., & Chen, P.S.L. (2019). Exploring the relationship between reverse logistics and sustainability performance. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 1(1), 2-27. <https://doi.org/10.1108/MSRA-03-2019-0009>

Baratta, A., Cimino, A., Longo, F., Solina, V., & Verteramo, S. (2023). The Impact of ESG Practices in Industry with a Focus on Carbon Emissions: Insights and Future Perspectives. *Sustainability*, 15(8), 1-20. <https://doi.org/10.3390/su15086685>

Basha, S. (2022). Environmental Impact and Control Measures of Ozone Layer Destruction. *Journal of Research in Science and Engineering*, 4(3), 96-98. DOI: 10.53469/jrse.2022.04(03).19

Beans, E.W. (2023). A heat transfer model for global warming. *Case Studies in Thermal Engineering*, 43(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102677>.

Benites-Lazaro, L., & Thomaz, S.M. (2021). A Participação de stakeholders na formulação da política brasileira de biocombustíveis (RenovaBio). *Revista Ambiente & Sociedade, Dossiê especial: Territórios da Energia*. 24(1), 1-25. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200056r2vu2021L4DE>

Bordonal, R.O., Carvalho, J.L.N., Lal, R., Figueiredo, E.B., Oliveira, B.G., & La Scala, N. (2018). Sustainability of sugarcane production in Brazil: A Review. *Agronomy for Sustainable Development*. 38(13), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0490-x>

Lei n.º 13.576/2017. (2017). *Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências*. Diário Oficial da União n.º 247. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13576.htm.

Brito, J.L., Matai, P.H.L., & Santos, M.R. (2023). Produção de etanol da cana-de-açúcar associadas às práticas de ESG. *Brazilian Journal of Development*, 9(10): 28507-28518. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv9n10-068>.

Cherubin, M.R., Carvalho, J.L.N., Cerri, C.E.P., Nogueira, L.A.H., Souza, G.M., & Cantarella, H. (2021). Land use and management effects on sustainable sugarcane-derived bioenergy. *Land*, 10(1), 1-24. <https://doi.org/10.3390/land10010072>

Creswell, J.W. (2007). *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Porto Alegre: Artmed.

Dietrich, L.J., & Almeida, N.M. (2020). Desmatamento da Amazônia, impactos ambientais e desafios para a espiritualidade cristã: responsabilidade mundial para uma ecologia integral. *Franciscanum*, 173(62), 1-29. <http://scielo.org.co/pdf/frcn/v62n173/0120-1468-frcn-62-173-7>

Egbulkem, P.N., Obiechefu, G.C., Hai, F.I., Devanadera, M.C.E., & Saroj, D.P. (2021). Potential of suspended growth biological processes for mixed wastewater reclamation and reuse in agriculture: challenges and opportunities. *Environmental Technology Reviews*, 10(1), 77-110. <https://doi.org/10.1080/21622515.2021.1881829>

Farooqi, Z.U.R., Ahmad, I., Ditta, A., Ilic, P., Amin, M., Naveed, A.B., & Gulzar, A. (2022). Types, sources, socioeconomic impacts, and control strategies of environmental noise: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1), 81087-81111. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23328-7>

Gao, J., Faheem, M., & Yu, X. (2022). Global Research on Contaminated Soil Remediation: A Bibliometric Network Analysis. *Land*, 11(9), 1-16. <https://doi.org/10.3390/land11091581>

Gil, A.C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.

Grangeia, C., Santos, L., & Lazaro, L.L.B. (2022). The Brazilian biofuel policy (RenovaBio) and its uncertainties: An assessment of technical, socioeconomic, and institutional aspects. *Energy Conversion and Management: X*, 13(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100156>

Guimarães, T.M., & Malaquias, R.F. (2023). Desempenho de fundos de ações considerando Investimentos ESG, Restrições Financeiras e a Pandemia Covid-19. *Brazilian Business Review*, 20(1), 18-37. <http://dx.doi.org/10.15728/bbr.2023.20.1.2.pt>

Julkovski, D., Sehnem, S., & Stenger, E.A.F. (2023). ESG guidelines for agribusiness: actions and opportunities in integration systems. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, 17(4), 74-89. [10.12712/rpca.v17i4.60261](https://doi.org/10.12712/rpca.v17i4.60261)

Lázaro, L. L. B., Thomaz, L. F. (2021). A Participação de stakeholders na formulação da política brasileira de biocombustíveis (RenovaBio): *Revista Ambiente e Sociedade*, 24, 1-23. <https://www.scielo.br/j/asoc/a/mpybYYvv8PMkybTMBZGdBvQ/?lang=pt>.

Lee, T.-C., Anser, M.K., Nassani, A.A., Haffar, M., Zaman, K., & Qazi Abro, M.M. (2021). Managing Natural Resources through Sustainable Environmental Actions: A Cross-Sectional Study of 138 Countries. *Sustainability*, 13(22), 1-19. <https://doi.org/10.3390/su132212475>

Lin, N., Wang, X., Zhang, Y., Hu, X., & Ruan, J. (2020). Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things. *Journal of Cleaner Production*, 277(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124119>

Mainardis, M., Cecconet, D., Moretti, A., Callegari, A., Goi, D., Freguia, S., & Capodaglio, A.G. (2022). Wastewater fertigation in agriculture: Issues and opportunities for improved water management and circular economy. *Environmental Pollution*, 296(1), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118755>

Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, 8(1), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>

Mayorova, V., Morozov, A., Golyak, I., Golyak, I., Lazarev, N., Melnikova, V., Rachkin, D., Svirin, V., Tenenbaum, S., & Vintaykin, I. (2023). Determination of Greenhouse Gas Concentrations from the 16U CubeSat Spacecraft Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Sensors*, 23(15), 1-15. <https://doi.org/10.3390/s23156794>

Ministério da Agricultura e Pecuária. (2024). *Base completa de cadastro de instituições*. <https://sistemasweb4.agricultura.gov.br/sapcana/downloadBaseCompletaInstituicao!atualizarCaptcha.action#>

Ministério de Minas e Energia. (2023). *RenovaBio atinge marca de 100 milhões de CBIOS emitidos*. https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-atinge-marca-de-100-milhoes-de-cbios-emitidos

Organização das Nações Unidas. (2024). *UN Climate Change Conferences*. <https://www.un.org/en/climatechange/un-climate-conferences>.

Page, K.L., Dang, Y.P., & Dalal, R.C. (2020). The Ability of Conservation Agriculture to Conserve Soil Organic Carbon and the Subsequent Impact on Soil Physical, Chemical, and Biological Properties and Yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(1), 1-17. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031>

Sahu, M., Malyan, V., & Mayya, Y.S. (2021). Technologies for Controlling Particulate Matter Emissions from Industries. In *Pollution Control Technologies, Energy, Environment, and Sustainability*. *Springer Nature*, 1(1), 253-290. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0858-2_12

Sánchez-García, E., Martínez-Falcó, J., Marco-Lajara, B., & Manresa-Marhuenda, E. (2024). Revolutionizing the circular economy through new technologies: A new era of sustainable progress. *Environmental Technology & Innovation*, 33(1), 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103509>

Silva, W.K.M., Abrahão, R., & Coelho Junior, L.M. (2021). Dinâmica e expansão da cana-de-açúcar e outras culturas agrícolas na Paraíba: Uma análise dos impactos dos gases de efeito estufa. *Revista Econômica do Nordeste*, 52(2), 155-174. <https://doi.org/10.29397/ren.v52i2.292>

Sinnott, D., Bray, I., Baranyi, G., Braubach, M., & Netanyahu, S. (2022). Systematic Review of the Health and Equity Impacts of Remediation and Redevelopment of Contaminated Sites. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 1-25. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095278>

Sordello, R., Flamerie De Lachapelle, F., Livoreil, B., & Vanpeene, S. (2019). Evidence of the Environmental Impact of Noise Pollution on Biodiversity: A Systematic Map Protocol. *Environmental Evidence*, 8(8), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s13750-019-0146-6>

Soschinski, C.K., & Rodrigues, M.M. (2022). Return on Share and the Influence of Corporate Social Responsibility. *Revista de Gestão Social e Ambiental*. 16(1), 01-18. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v16.2856>.

Tagliari, V.C, Freitas, N.A.S., Souza, E.R., Cruz, F.J.C. Pereira, M.C., & Scardova, A.P.

(2021). Sustentabilidade empresarial: importante para os negócios, a comunidade e o meio ambiente. *Revista Científica Unilago*, 1(1), 1-14. <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/588>.

Turyasingura, B., & Mohammed, F.S. (2022). Impacts of Climate Change on Biodiversity Conservation: A Review. *International Journal of Academic and Applied Research*, 6(8), 101-106. <https://www.researchgate.net/publication/363137330>

Ungureanu, N., Vlăduț, V., & Biris, S.-S. (2022). Sustainable Valorization of Waste and By-Products from Sugarcane Processing. *Sustainability*, 14(17), 1-27. <https://doi.org/10.3390/su141711089>

Wang, L., Wang, L., Li, Y., & Wang, J. (2023). A century-long analysis of global warming and earth temperature using a random walk with drift approach. *Decision Analytics Journal*, 7(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100237>

Zagaria, L., Caramia, G., & Amirante, R. (2023). The role of biomass in energy transition to net zero carbon emissions due to climate change: the Apulia case. *Journal of Physics: Conference Series*, 2648(1), 1-18. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2648/1/012013>