



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS V  
CENTRO CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

**ALANNA BERDINE DE SOUZA PIO**

**Bioenergia como tema político: Impactos econômicos, sociais e ambientais da  
expansão da Bioenergia no Brasil entre 2010 e 2020**

**JOÃO PESSOA  
2025**

ALANNA BERDINE DE SOUZA PIO

Bioenergia como tema político: Impactos econômicos, sociais e ambientais da expansão da Bioenergia no Brasil entre 2010 e 2020

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação/ Departamento do Curso de Relações Internacionais da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Relações Internacionais.

**Orientador:** Prof. Dr. José Francelino Galdino Neto.

**JOÃO PESSOA**  
**2025**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

P662b Pio, Alanna Berdine de Souza.

Bioenergia como tema político: impactos econômicos, sociais e ambientais da expansão da bioenergia no Brasil entre 2010 e 2020 [manuscrito] / Alanna Berdine de Souza Pio. - 2025.

42 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Relações internacionais) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2025.

"Orientação : Prof. Dr. José Francelino Galdino Neto, Coordenação do Curso de Relações Internacionais - CCBSA".

1. Bioenergia. 2. Transição energética. 3. Segurança energética. 4. Desenvolvimento sustentável. I. Título

21. ed. CDD 333.79

ALANNA BERDINE DE SOUZA PIO

BIOENERGIA COMO TEMA POLÍTICO: IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DA EXPANSÃO DA BIOENERGIA NO BRASIL ENTRE 2010 E 2020

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Relações Internacionais da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharela em Relações Internacionais

Aprovada em: 29/05/2025.

#### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Elze Camila Ferreira Rodrigues** (\*\*\*.956.564-\*\*), em 09/06/2025 11:26:22 com chave **b78ccda6453d11f0b3261a7cc27eb1f9**.
- **Vanessa Horácio Lira** (\*\*\*.094.054-\*\*), em 09/06/2025 08:27:28 com chave **b9f49fd8452411f081121a7cc27eb1f9**.
- **José Francelino Galdino Neto** (\*\*\*.913.924-\*\*), em 09/06/2025 08:26:03 com chave **86f723ee452411f0ac781a7cc27eb1f9**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse [https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar\\_documento/](https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/) e informe os dados a seguir.

**Tipo de Documento:** Folha de Aprovação do Projeto Final

**Data da Emissão:** 09/06/2025

**Código de Autenticação:** 0dc862



Para minha mãe, por sempre me dizer que posso tudo, basta querer — e por me inspirar com sua coragem a fazer bom uso de todo esse poder.

“A Terra oferece o suficiente para  
satisfazer as necessidades de todos, mas  
não a ganância de todos.”

— Mahatma Gandhi

## LISTA DE FIGURAS

Tabela 1 - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	12
Figura 1 - Geração de Energia Elétrica Mundial por fonte (%) - 2010	14
Figura 2 - Geração de Energia Elétrica Mundial por fonte (%) 2017	15
Figura 3 - CICLO DE UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA NO SETOR DE BIOENERGIA	16
Figura 4 - Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW)	23
Figura 5 - Consumo Final Energético (tep)	25
Figura 6 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte (%)	28

## Sumário

<b>1 Introdução.....</b>	<b>11</b>
<b>2 Bioenergia no Brasil: Fundamentos, Utilizações e breve histórico de Políticas Públicas no setor.....</b>	<b>14</b>
2.1 Definições e Usos da Bioenergia.....	14
2.2 Bioenergia e Sustentabilidade.....	19
2.3 Políticas Públicas e Crescimento do Setor de Bioenergia (2010–2020) - Proálcool, Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), Plano Nacional de Agroenergia e RenovaBio.....	21
<b>3 Impactos da Expansão da Bioenergia: Efeitos Econômicos, Sociais e Ambientais.....</b>	<b>23</b>
3.1 Movimento de expansão do uso da bioenergia no Brasil.....	23
3.2 Impactos Econômicos e Sociais.....	26
3.3 Impactos ambientais.....	29
<b>4 Análise Crítica e Perspectivas Futuras.....</b>	<b>31</b>
<b>5 Conclusão.....</b>	<b>34</b>
<b>Referências.....</b>	<b>35</b>
<b>Apêndice A – Entrevista semiestruturada com profissional do setor de energia, Richard Bivar.....</b>	<b>39</b>

## **Bioenergia como tema político: Impactos econômicos, sociais e ambientais da expansão da Bioenergia no Brasil entre 2010 e 2020**

### **Bionergy as a political issue: Economic, Social and environmental impacts of the expansion of Bioenergy in Brasil between 2010 and 2020**

Alanna Berdine de Souza Pio<sup>1\*</sup>

#### **RESUMO**

A bioenergia se destaca como uma solução estratégica para a diversificação da matriz energética do Brasil, desempenhando um papel central na transição para fontes de energia mais sustentáveis. Este trabalho investiga os impactos econômicos, sociais e ambientais da expansão da bioenergia no Brasil entre 2010 e 2020, considerando seu potencial para reduzir a dependência de fontes fósseis e promover segurança energética para o país. A pesquisa é pautada na revisão sistemática da literatura e entrevistas com profissionais do setor energético. Passando desde definições básicas sobre bioenergia e uma recapitulação sobre o histórico de políticas públicas no setor no Brasil, ao longo de diferentes épocas e governos, até análises dos impactos em cada vertente analisada e um panorama do cenário internacional no que tange a segurança energética. O trabalho conclui que a literatura defende o potencial do Brasil de tornar-se um líder global na bioenergia, mas isso depende de um fortalecimento contínuo das políticas públicas e de inovação tecnológica no setor.

**Palavras-Chave:** Bioenergia, transição energética, segurança energética, desenvolvimento sustentável.

#### **ABSTRACT**

Bioenergy stands out as a strategic solution for diversifying Brazil's energy matrix, playing a central role in the transition to more sustainable energy sources. This study investigates the economic, social, and environmental impacts of bioenergy expansion in Brazil between 2010 and 2020, considering its potential to reduce dependence on fossil fuels and promote energy security for the country. The research is based on a systematic literature review and interviews with professionals from the energy sector. It covers basic definitions of bioenergy, a recap of the history of public policies in the sector in Brazil over different periods and governments, analyses of impacts in each area studied, and an overview of the international context regarding energy security. The study concludes that Brazil has the potential to be a global leader in bioenergy, but this depends on the continuous strengthening of public policies and technological innovation in the sector.

**Keywords:** Bioenergy, energy transition, energy security, sustainable development.

---

<sup>1\*</sup> Alanna Berdine de Souza Pio, graduanda em Relações Internacionais pela Universidade Estadual da Paraíba.

## 1 Introdução

Nas últimas décadas, desde as primeiras crises do petróleo, a segurança energética tornou-se uma das questões mais estratégicas e sensíveis no campo das Relações Internacionais, o que acaba por intensificar disputas de poder e busca por realinhamento de prioridades em todo o cenário internacional, uma vez que as principais fontes de energia hoje utilizadas no mundo são não renováveis e, em suma, derivadas de combustíveis fósseis.

Tais preocupações quanto à diversificação da matriz energética ganharam força a partir das crises do petróleo nas décadas de 1970, que evidenciaram o risco da dependência de recursos concentrados em uma única fonte e sujeitos a instabilidades políticas e ambientais. Desde então, diversos países começaram a adotar políticas de incentivo à eficiência energética e ao desenvolvimento de fontes alternativas, como forma de reduzir vulnerabilidades e garantir maior autonomia em um sistema global cada vez mais interdependente e conectado.

Nesse contexto, surgem no Brasil as primeiras políticas públicas na área de bioenergia, ainda em 1975, com o PROÁLCOOL. A bioenergia mantém-se até hoje como solução potencial para diversificação da matriz energética, principalmente para países com força no setor agrícola, como o Brasil. Além dos benefícios estratégicos do ponto de vista diplomático e político, a expansão do investimento em bioenergia também caracteriza impactos positivos para a economia, sociedade e meio ambiente, conforme bem detalha a revista “Trígono Capital” em sua matéria sobre o futuro da bioenergia<sup>2</sup>.

Com isso, o presente trabalho propõe-se a analisar os impactos econômicos, sociais e ambientais da expansão da bioenergia no Brasil entre 2010 e 2020 — período marcado por avanços tecnológicos no setor e amadurecimento de políticas públicas voltadas à segurança energética. Esse intervalo também coincide com o lançamento da Agenda 2030 pela ONU, que institui os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), reforçando a relevância do tema no cenário

---

<sup>2</sup> “Tão doce quanto a cana de açúcar é o futuro da bioenergia”. Disponível em: <<https://trigonocapital.com/conteudo-trigono/tao-doce-quanto-a-cana-de-acucar-e-o-futuro-da-bioenergia>>. Acesso em: 06 maio 2025.

internacional, especialmente por meio dos ODS<sup>3</sup> 7, 12 e 13. Esses marcos mantêm a energia como pauta central da diplomacia ambiental contemporânea, ao mesmo tempo em que impõem o desafio de alinhar as políticas nacionais a metas globais de sustentabilidade.

Para tanto, adota-se uma abordagem qualitativa, com base em revisão sistemática da literatura e entrevista semiestruturada com profissional do setor energético. A análise segue o método de análise categorial de conteúdo, complementado por dados extraídos de notícias e documentos técnicos, com o intuito de construir uma leitura crítica sobre os efeitos da transição energética no contexto brasileiro nas três categorias de impacto elencadas. Além disso, a pesquisa realiza uma comparação com acontecimentos e experiências internacionais, evidenciando o contraste entre países que já avançaram na diversificação de suas matrizes energéticas com aqueles que ainda enfrentam insegurança devido à dependência de fontes fósseis ou à importação de energia.

O levantamento de dados envolveu 40 publicações acadêmicas, entre artigos, dissertações, teses e relatórios técnicos, sendo que apenas 25 foram utilizados como base para a elaboração do trabalho, além de 37 notícias e documentos institucionais, relatórios e planos energéticos. As fontes consultadas incluem plataformas como Google Acadêmico, bem como materiais de órgãos nacionais (Agência Nacional de Petróleo, Gás e Combustíveis, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Governo Federal) e internacionais (Agência Internacional de Energias Renováveis - *International Renewable Energy Agency*, Organização das Nações Unidas, Organização Internacional do Trabalho, Agência Internacional de Energia - *International Energy Agency*). A maioria dos documentos está em português, dado o foco na realidade brasileira, com ênfase na atuação estratégica do país no campo da bioenergia.

A revisão da literatura não seguiu o modelo clássico de análise com a citação de artigo por artigo. Ao invés disso, adota-se uma abordagem integrada, classificando a base em três grandes categorias de impacto: econômico, social e ambiental, conforme tabela abaixo. Essa estruturação permitiu uma análise mais abrangente e crítica dos efeitos da transição energética, considerando suas diversas dimensões e como elas se refletem no contexto brasileiro. Portanto, cabe ressaltar

---

<sup>3</sup> ODS 7 (Energia Acessível e Limpa), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima) <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>> . Acesso em: 6 maio 2025.

que de 25 artigos lidos, 18 abordam pelo menos um impacto econômico, já quanto aos impactos sociais, de 25 artigos revisados, 12 mencionam ao menos um impacto social e, por fim, quanto aos impactos ambientais, de 25 artigos presentes na revisão, 15 evidenciam no mínimo um impacto ambiental.

**Tabela 1 - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

<b>Artigo</b>	<b>Econômico (Sim/Não)</b>	<b>Social (Sim/Não)</b>	<b>Ambiental (Sim/Não)</b>
A DIPLOMACIA DO ETANOL NA AMÉRICA LATINA E CARIBE: O QUE QUERIA O BRASIL?(2003-2010).	SIM	NÃO	NÃO
A GEOPOLÍTICA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS	SIM	SIM	NÃO
Tarifas internacionais como barreiras à exportação de biocombustíveis brasileiros	SIM	SIM	NÃO
O uso de recursos energéticos renováveis e não renováveis e sua influência na variação da renda nacional	SIM	SIM	SIM
O futuro da bioenergia no mundo [Entrevista à Lilian Munhoz]	NÃO	SIM	NÃO
ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA CONTEXTUALIZAÇÃO DA BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA	SIM	SIM	NÃO
A internacionalização dos grupos de pesquisa nacionais em bioenergia: formação de redes e estratégia político-científica	NÃO	SIM	NÃO
Cooperação Brasil-Nigéria: a dimensão material e ideacional da cooperação sul-sul entre Brasil e Nigéria no campo da bioenergia (1999-2013)	SIM	NÃO	NÃO
Bioenergia e sua relação com a administração	SIM	SIM	SIM
Mudanças nos Objetivos Energéticos e Política Externa Brasileira: os biocombustíveis no Brasil de 2003 a 2012	SIM	SIM	SIM
Entenda a COP 21 e as disputas em jogo	NÃO	NÃO	SIM
O papel dos biocombustíveis na nova configuração geopolítica	SIM	NÃO	SIM
A geoeconomia do etanol: as condicionantes e as oportunidades para a consolidação de um mercado global 10.5102/uri.v13i2.3570	NÃO	NÃO	SIM
A Bioenergia no mundo	NÃO	NÃO	SIM
BIOENERGIA NO BRASIL: ONDE ESTAMOS E QUAIS NOSSOS HORIZONTES	SIM	NÃO	SIM
ENERGIA RENOVÁVEL E TECNOLOGIA NA AMÉRICA LATINA: DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA ODS 7- ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL	NÃO	SIM	SIM
A inclusão da sustentabilidade na agenda da política de desenvolvimento econômico chinesa, seus impactos para o Brasil e para o setor de energias renováveis	SIM	NÃO	SIM
BIOENERGIA E O XADREZ DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	SIM	NÃO	SIM
CAPITAL INTERNACIONAL E NOVAS FRONTEIRAS NA PRODUÇÃO DE BIOENERGIA NO BRASIL: O CASO DO ESTADO DE GOIÁS	SIM	SIM	SIM

Potencialidades e Impactos da Energia de Biomassa no Nordeste Brasileiro	SIM	SIM	SIM
BIOENERGIA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO	NÃO	NÃO	SIM
Políticas de Biocombustíveis no Brasil: Imagens e Empreendedores no Processo de Definição da Agenda do Programa Nacional do Álcool – PROALCOOL	SIM	SIM	NÃO
Biofuel technologies Lessons learned and pathways to decarbonization	SIM	NÃO	SIM
O PERFIL DA POLÍTICA EXTERNA BRASILEIRA E O ETANOL NA AMÉRICA DO SUL	SIM	NÃO	NÃO
A PESQUISA SOBRE ENERGIAS RENOVÁVEIS NAS CIÊNCIAS HUMANAS: EM BUSCA DE MARCOS ANALÍTICOS A RESPEITO DE TRANSIÇÕES ENERGÉTICAS PARA SUSTENTABILIDADE	SIM	NÃO	NÃO

Dessa forma, a pergunta que orienta a pesquisa é: quais foram os principais impactos econômicos, sociais e ambientais da expansão da bioenergia no Brasil entre 2010 e 2020. Portanto, para atingir os objetivos mencionados, o trabalho está estruturado em cinco seções, sendo que após a introdução, a seção 2 apresenta os fundamentos da bioenergia e o panorama das políticas públicas do setor no Brasil. A seção 3 analisa os impactos econômicos, sociais e ambientais da expansão da bioenergia no período delimitado. A seção 4 realiza uma discussão crítica dos resultados, articulando os dados levantados com experiências internacionais e com as contribuições da Teoria Verde. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais, retomando os principais achados da pesquisa e propondo encaminhamentos para futuras investigações.

## 2 Bioenergia no Brasil: Fundamentos, Utilizações e breve histórico de Políticas Públicas no setor

### 2.1 Definições e Usos da Bioenergia

Para compreender os tipos de bioenergia, é necessário partir de um conceito central: a biomassa, matéria-prima a partir da qual a bioenergia é obtida. E, com base em informações técnicas do *GNPW Group*<sup>4</sup> - empresa do setor de bioenergia -, trata-se de um recurso formado por materiais orgânicos renováveis, promissores

<sup>4</sup> “Conheça 4 fontes de bioenergia”. Disponível em: <<https://www.gnpw.com.br/energia-limpa/conheca-4-fontes-de-bioenergia/>>. Acesso em: 6 maio 2025.

como alternativa aos combustíveis fósseis por conta de sua facilidade no cultivo e menor potencial poluente. Entre os exemplos mais comuns estão a cana-de-açúcar, grãos, cereais, madeira, serragem, lixo orgânico e óleos vegetais. Em suma, a biomassa é convertida em diversas formas de bioenergia.

Atualmente, a biomassa pode ser categorizada em dois grandes grupos: “biomassas modernas” e “biomassas tradicionais”. Conforme detalhado pelo Grupo de Pesquisa em Bioenergia da USP (GBio) primeiro grupo refere-se aos biocombustíveis como o etanol e o biodiesel, enquanto o segundo diz respeito a formas rudimentares de uso energético, especialmente em ambientes residenciais, como o aquecimento de espaços e o preparo de alimentos com a queima de madeira, por exemplo.

De acordo com informações divulgadas pela Raízen<sup>5</sup> - empresa brasileira que atua na produção e distribuição de combustíveis renováveis, geração de energia a partir da biomassa da cana-de-açúcar e produção de açúcar - a biomassa pode existir nos estados sólido, líquido ou gasoso. Esses materiais, por sua vez, podem ser classificados em:

- Culturas energéticas: produtos cultivados especificamente para geração de energia, como a cana-de-açúcar destinada à produção de etanol.
- Resíduos agrícolas: sobras provenientes de colheitas e cortes de matéria orgânica.
- Subprodutos orgânicos: resíduos da agropecuária, incluindo dejetos animais.
- Resíduos orgânicos urbanos e industriais: como lixo doméstico e resíduos industriais.

A bioenergia é utilizada no Brasil principalmente para geração de eletricidade, substituição de combustíveis fósseis no transporte, aproveitamento térmico em processos industriais e aquecimento, aplicações fundamentais para o funcionamento da economia nacional. Desde as atividades industriais até o setor de serviços e o cotidiano doméstico, cada uma dessas aplicações contribui diretamente para a

---

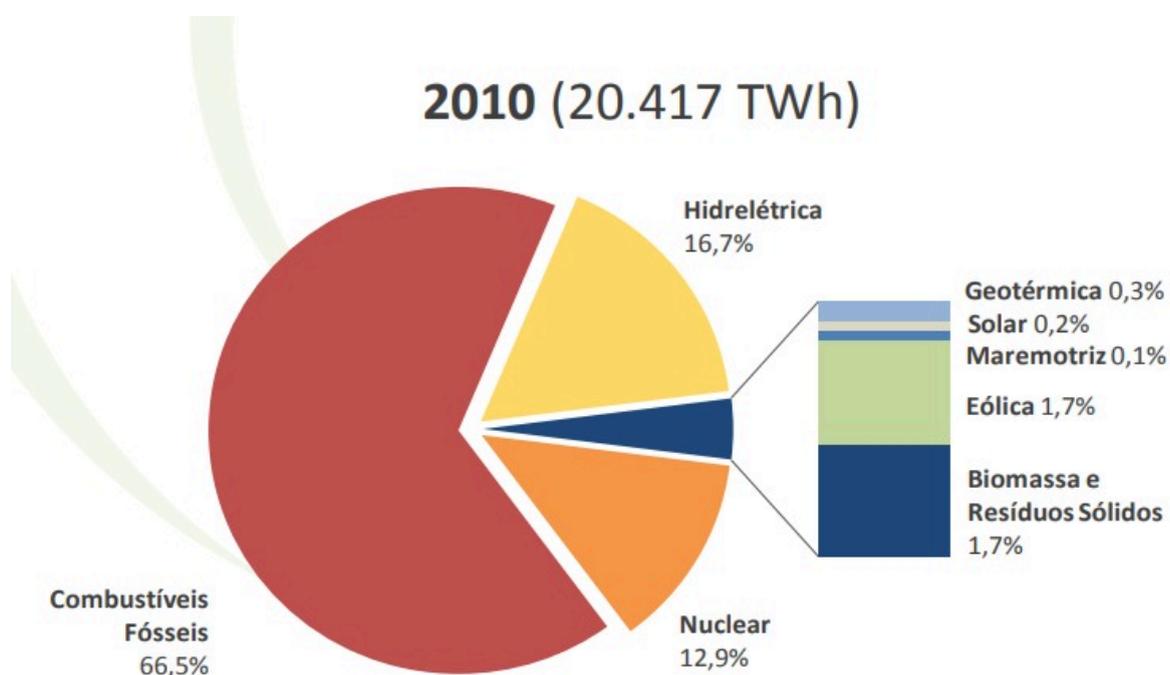
<sup>5</sup> “Bioenergia: A Importância da Energia Sustentável”. Disponível em: <

diversificação da matriz energética nacional e para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Além da bioenergia, a matriz energética brasileira é composta por outras fontes renováveis, como a energia hidrelétrica, eólica e solar. No entanto, em contraposição a fontes que dependem de condições naturais específicas, a bioenergia oferece a vantagem de ser gerada a partir de resíduos agrícolas, industriais e urbanos. Isso contribui para a diversificação da matriz energética e para a gestão sustentável dos resíduos, reduzindo as emissões de gases poluentes. Essa flexibilidade e capacidade de reaproveitamento tornam a bioenergia uma estratégia fundamental na busca por segurança energética e sustentabilidade global.

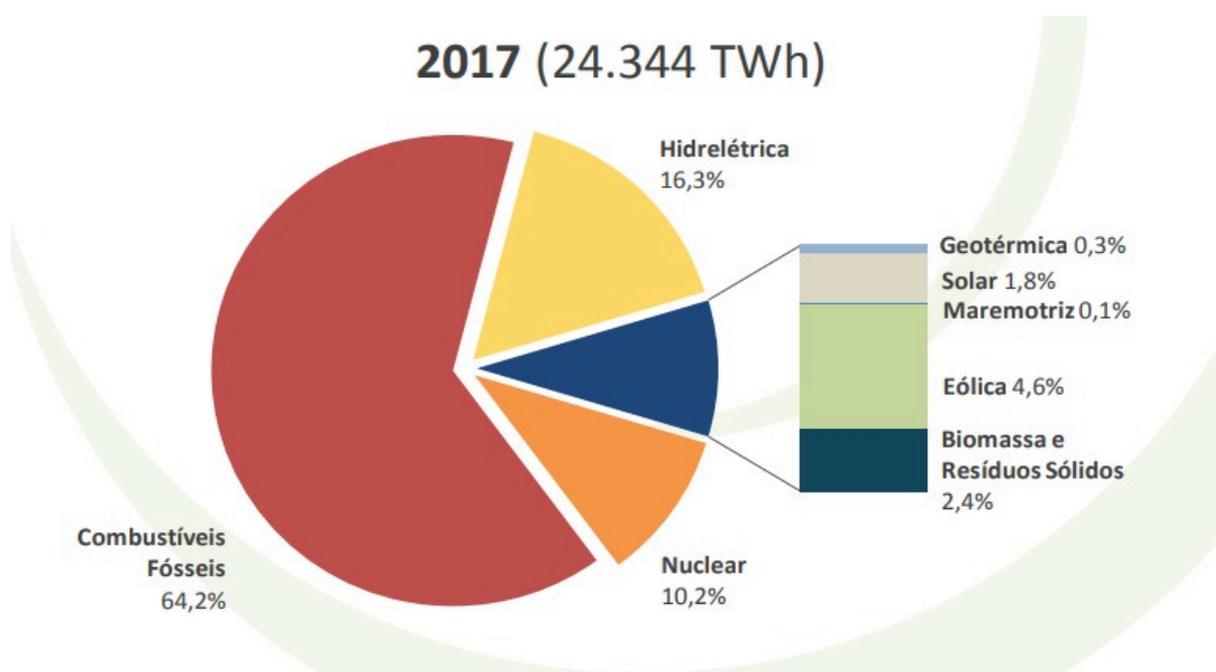
Nesse contexto, a bioenergia tem se destacado como uma alternativa viável e sustentável. Durante o evento *Brazilian Bioenergy Science and Technology Conference* (BBEST), realizado em 2017 em Campos do Jordão (SP), o professor José Goldemberg, presidente da FAPESP, projetou que até 2050 a bioenergia poderá representar cerca de 30% de toda a energia utilizada no mundo. Sendo que, no Brasil em 2010, a utilização era de 1,7% a partir da biomassa e em 2017 teve certo aumento, chegando a 2,4%, conforme pode-se concluir nos dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020, formulado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia:

**Figura 1 - Geração de Energia Elétrica Mundial por fonte (%) - 2010**



Elaboração: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020)

**Figura 2 - Geração de Energia Elétrica Mundial por fonte (%) 2017**



Elaboração: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020)

Entre os principais produtos derivados da biomassa utilizados na geração de eletricidade, destacam-se o biodiesel, o biogás, o biometano e o bioetanol. A bioeletricidade, por sua vez, é gerada a partir da queima da biomassa ou por meio da conversão de energia cinética em usinas.

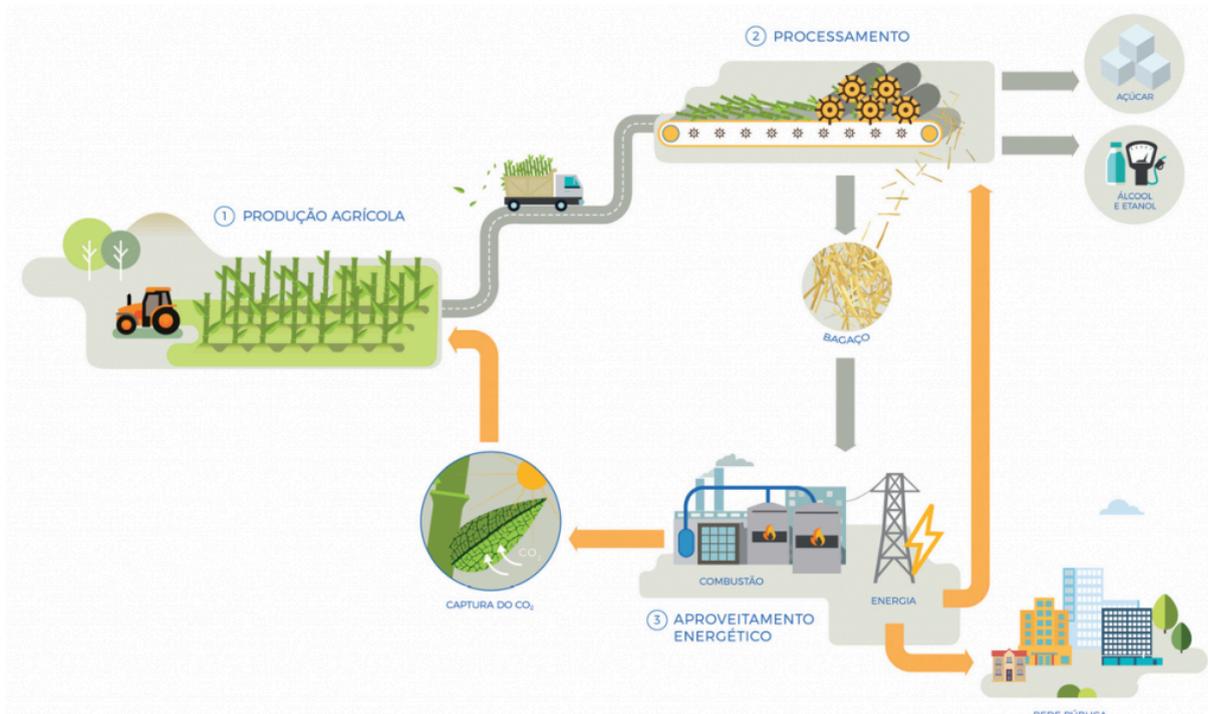
De acordo com material produzido pela Confederação Nacional da Indústria e Escola Nacional de Administração Pública, em 2018 a biomassa representou 9,29% da oferta mundial de energia, com uma disponibilidade de 1,33 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep)<sup>6</sup>. No setor de transportes, a utilização de bioenergia no Brasil remonta à década de 1970, com a introdução do etanol como alternativa à gasolina. A partir de 2003, com a popularização dos veículos *flex-fuel*, a demanda pelo combustível aumentou significativamente (Michellon; Santos, 2008 apud Pereira, 2015, p. 106).

Já o biodiesel - obtido a partir de óleos vegetais e gorduras animais - apresenta uma série de vantagens ambientais e mecânicas na prática: é biodegradável, não contém compostos que contribuem para chuvas ácidas, possui fácil decomposição e queima limpa, não comprometendo o solo ou os recursos hídricos, além de seu alto poder lubrificante que também o torna preferível ao diesel mineral para a durabilidade dos componentes do motor de veículos. A figura abaixo demonstra o ciclo de utilização da biomassa a partir da cultura energética da cana de açúcar, ou seja, a partir da plantação de cana exclusivamente para posterior processamento em energia elétrica e combustível:

---

<sup>6</sup> “As toneladas equivalentes de petróleo (tep) são unidades de energia utilizadas para comparar o poder calorífico de diferentes formas de energia com o petróleo.” Disponível em: <<https://goldenergy.pt/glossario/toneladas-equivalentes-petroleo-tep/>> Acesso em: 6 maio 2025.

**Figura 3 - CICLO DE UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA NO SETOR DE BIOENERGIA:**



**Fonte:** IBEA - Impacto Bioenergia, 2023

Ao longo dos anos 2000, o Brasil adotou diversas políticas públicas voltadas à promoção e aceitação dos biocombustíveis. Como resultado, dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) indicam que atualmente cerca de 18% do combustível consumido no país é composto por biocombustíveis.

Dessa forma, observa-se que a bioenergia, além de representar uma alternativa mais sustentável aos combustíveis fósseis, desempenha um papel estratégico na transição energética brasileira, com impactos significativos nas esferas econômica, ambiental e social. A seguir, será discutido como essa forma de energia se relaciona diretamente com a sustentabilidade.

## 2.2 Bioenergia e Sustentabilidade

Em 1987 o relatório “Nosso Futuro Comum”<sup>7</sup> foi publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMED), também conhecida como

<sup>7</sup> Relatório Nosso Futuro Comum. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/nosso-futuro-comum-relatorio/> Acesso em: 6 maio 2025.

Comissão Brundtland, criada pela ONU anos antes para analisar e propor soluções estratégicas para os desafios globais de meio ambiente e desenvolvimento. Esse relatório introduziu o conceito de desenvolvimento sustentável, que significa "o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades". No relatório a pauta de emissões de gases de efeito estufa também esteve em discussão, evidenciando a necessidade de cooperação entre organizações, governos e indivíduos para atingir o equilíbrio entre crescimento econômico, social e ambiental e para a diminuição das emissões de gases poluentes.

Em 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU), elaborou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que fazem parte da agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, com objetivo de garantir a prosperidade para todos a partir de metas claras em cada um dos 17 ODS e 169 metas globais. Com base em resumos disponibilizados pela ONU, é possível identificar que a bioenergia está ligada especialmente a três dos dezessete objetivos: ODS 7, que busca garantir acesso à energia limpa e acessível; o ODS 12, que trata do consumo e produção responsáveis e o ODS 13, voltado a medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.

A bioenergia tem se consolidado como uma das principais alternativas na transição energética global, processo que busca substituir as fontes fósseis por fontes renováveis e sustentáveis, com foco na mitigação das mudanças climáticas e na promoção da segurança energética. Em países como o Brasil, com forte base agrícola e disponibilidade de biomassa, a produção de biocombustíveis como etanol, biodiesel e biogás contribui de forma significativa para a redução das emissões de gases de efeito estufa, principalmente no setor de transportes. Diferentemente de outras fontes renováveis, como a solar e a eólica, a bioenergia possui vantagens como a previsibilidade da produção, a estocagem e o reaproveitamento de resíduos (IRENA, 2020).

Nesse sentido, reconhecendo a dimensão do desafio e com o objetivo de estabelecer um mercado internacional baseado em padrões técnicos e normas regulatórias, foi criado o Fórum Internacional de Biocombustíveis (IFB), reunindo África do Sul, Brasil, China, Estados Unidos, Índia e União Europeia (Benevides, 2011). Esse esforço de cooperação evidencia a importância dos biocombustíveis como alternativa estratégica, sobretudo em regiões com déficit energético onde

ainda há forte dependência de fontes externas não renováveis de energia, que limita o desenvolvimento geral. Nesses contextos, os biocombustíveis oferecem não só uma fonte mais sustentável de energia, mas também uma oportunidade real de inclusão energética, fortalecimento produtivo, desenvolvimento e autonomia regional.

Dessa maneira, a bioenergia tem se consolidado como uma importante aliada do desenvolvimento sustentável, ao integrar soluções ambientais, geração de renda e inclusão social. Por meio do aproveitamento de resíduos orgânicos da agricultura, pecuária e indústria, essa fonte energética pode reduzir o descarte inadequado de materiais, transformando-os em energia renovável e diminuindo a pressão sobre os recursos naturais. Tal reutilização contribui significativamente para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (Silva et al., 2021). Ademais, a produção local de biocombustíveis reduz a dependência de combustíveis fósseis e promove a diversificação da matriz energética, consolidando o Brasil como referência, especialmente nos ODS 7, 12 e 13.

A bioenergia tem um papel estratégico, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil. Com abundância de terras cultiváveis e forte presença do setor agropecuário, o país possui condições ideais para produzir biocombustíveis em larga escala. Isso impulsiona a economia de regiões rurais com geração de empregos e fortalecimento de pequenos produtores, enquanto impulsiona a autonomia energética nacional. Em muitos casos, a produção de bioenergia leva melhorias para locais afastados, promovendo desenvolvimento regional. O Brasil ocupa a 2ª colocação entre os maiores empregadores da indústria de energias renováveis (biocombustíveis, solar, hidrelétrica e eólica), ficando atrás apenas da China e, com previsão de geração de aproximadamente 38 milhões de empregos no setor até 2030, objetivando uma transição energética ambiciosa mundialmente (SEBRAE, 2023). Com isso, o potencial sustentável da bioenergia deve ser ainda mais explorado para garantir eficiência na atuação e maximização das benesses socioeconômicas e ambientais, assim, com maior possibilidade de atingir os ODS e consolidar o Brasil como referência no setor.

### **2.3 Políticas Públicas e Crescimento do Setor de Bioenergia (2010–2020) - Proálcool, Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), Plano Nacional de Agroenergia e RenovaBio.**

Desde a década de 70, após as primeiras crises do petróleo, o Brasil promove iniciativas voltadas para incentivo a produção e uso de bioenergia, sendo que essa atuação cresceu ao longo dos anos e hoje o país conta com diversos casos de sucesso com Políticas Públicas que trouxeram crescimento para o setor de bioenergia, principalmente no que se refere a promoção estratégica de combustíveis de fonte renovável. O Proálcool foi lançado em 1975 e já conta com quase 50 anos de história de impacto positivo na economia e no meio ambiente. Criado durante o período do regime militar, no governo de Ernesto Geisel, como reação à crise do petróleo e o aumento dos preços desse combustível fóssil.

O programa passou por diversas mudanças e fases, mas seu objetivo é estimular a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, evitando assim a dependência de combustíveis fósseis importados, e, principalmente, para a diversificação da matriz energética brasileira. O Proálcool contou com diversas ações estratégicas, incluindo investimentos do governo na construção de destilarias e na expansão do cultivo da cana-de-açúcar. E, vale ressaltar que desde sua implementação, o etanol permitiu ao Brasil uma economia energética equivalente a mais de 2,5 bilhões de barris de petróleo, resultando em uma economia de cerca de 205 bilhões de dólares em importações de gasolina ao longo das últimas cinco décadas (Governo Federal, 2024)<sup>8</sup>. Sendo responsável pela ampliação de um mercado interno robusto de combustíveis renováveis.

Em 2004, durante governo do presidente Lula, foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), um programa do governo federal focado em biodiesel, seu objetivo foi incorporar o biodiesel na matriz energética brasileira a partir de sua institucionalização, organização regulatória e tributária. A missão do PNPB foi promover a inclusão social e o desenvolvimento regional com a geração de emprego e renda a partir da produção desse combustível. O programa teve duração de apenas 7 anos, mas em seu período de aplicação foram produzidos mais de 8

---

<sup>8</sup> “Programa Nacional do Alcool completa 49 anos com impactos positivos na economia e no meio ambiente”. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/programa-nacional-do-alcool-completa-49-anos-com-impactos-positivos-na-economia-e-no-meio-ambiente>

bilhões de litros de biodiesel, além da redução de importações em um total de 5 bilhões de dólares (Governo Federal, 2024). Outro marco do PNPB foi a implementação do Selo Combustível Social, um certificado concedido às usinas de biodiesel que compram uma certa porcentagem de matéria-prima de agricultores familiares, esse selo continua sendo utilizado até hoje como uma forma de incentivar a inclusão da agricultura familiar na cadeia produtiva de biodiesel.

Seguindo a série histórica das principais políticas públicas implementadas como incentivo a bioenergia, tem-se o Plano Nacional de Agroenergia, lançado em 2006 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), durante o governo Lula. O Plano Nacional de Agroenergia tem como objetivo promover a pesquisa, desenvolvimento, inovação em tecnologias para a produção sustentável de energia e recursos agrícolas, atuando na regulação do mercado e no apoio à construção de políticas públicas direcionadas à inclusão social, desenvolvimento regional e sustentabilidade. O Plano Nacional de Agroenergia estabelece oito diretrizes para o desenvolvimento sustentável no setor de agroenergia, com foco na criação de tecnologias ambientalmente responsáveis e competitivas. Ele busca garantir a autonomia energética para comunidades rurais e assentamentos, promover o desenvolvimento regional e gerar empregos no campo. O plano também almeja melhorar o uso de áreas já antropizadas, manter a liderança do Brasil no mercado global de bioenergia e fortalecer a posição do país em negociações internacionais. Além disso, promove a sustentabilidade e competitividade do agronegócio e busca soluções para eliminar riscos sanitários no setor agrícola em parceria com os ministérios responsáveis.

O RenovaBio, criado em 2017 durante o governo de Michel Temer, configura-se como uma das políticas públicas mais estratégicas para o setor de bioenergia no Brasil. Seu principal objetivo é aumentar a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional, ao mesmo tempo em que busca reduzir as emissões de gases de efeito estufa. O programa estabelece metas de descarbonização por meio de Crédito de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIOS), emitidos pelas usinas de biocombustíveis com base na redução de CO<sub>2</sub> ao substituir combustíveis fósseis. Ademais, o programa exige que os participantes estejam em conformidade com o Código Florestal e com o Cadastro Ambiental Rural (CAR) para evitar que haja desmatamento para produção de matérias primas de biocombustíveis. De acordo com estudo do *IEA Bioenergy*, organização ligada à

Agência Internacional de Energia, até 2030 o RenovaBio será responsável pela redução da emissão de mais de 400 milhões de toneladas de carbono, equivalente ao volume emitido por todos os quatro estados do Sudeste do Brasil, que em 2023 chegou a 422,1 toneladas de carbono (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa). Contribuindo com o atingimento dos ODS e consolidando o Brasil como líder global no mercado de biocombustíveis, além de ampliar as oportunidades econômicas e a geração de empregos no setor.

Sendo assim, é notável que o Brasil tem feito avanços no que diz respeito a Políticas Públicas para regulação e incentivo da utilização de bioenergia, principalmente no que refere-se aos biocombustíveis. Todo esse esforço dedicado ao longo de diferentes governos - incluindo ações no período ditatorial - tem gerado impacto significativo na matriz energética do país, promovendo tanto a segurança energética e ganhos econômicos, como também a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento social. No entanto, é urgente que essa atuação quanto às Políticas Públicas para bioenergia se intensifiquem, incluindo inovação tecnológica, expansão da infraestrutura de produção e distribuição. Pois os desafios persistem e as mudanças climáticas seguem acontecendo em ritmo acelerado, ou seja, a sustentabilidade é um tema que exige ação contínua.

### **3 Impactos da Expansão da Bioenergia: Efeitos Econômicos, Sociais e Ambientais**

#### **3.1 Movimento de expansão do uso da bioenergia no Brasil**

A expansão da bioenergia no Brasil tem ocorrido de maneira gradual, antecedendo a criação das primeiras políticas públicas voltadas para o setor. Tendo em vista que o desenvolvimento dessas políticas envolve um processo complexo de compreensão do problema e planejamento estratégico, que só se concretiza após a realização de estudos aprofundados sobre as condições necessárias para sua implementação. Nesse contexto, os impactos da bioenergia podem ser também percebidos gradualmente nos âmbitos econômico, social e ambiental, refletindo diretamente as transformações no setor energético do país.

A busca por segurança energética, especialmente após as primeiras crises do petróleo, levou o Brasil a voltar suas atenções para fontes renováveis, com destaque

para a produção de bioenergia e biocombustíveis. A partir disso, entende-se que os impactos econômicos, sociais e ambientais da expansão da bioenergia no Brasil estão intrinsecamente interconectados. Pois ao afetar um desses aspectos, inevitavelmente há repercussões nos outros, gerando efeitos tanto positivos quanto negativos.

De acordo com a pesquisa realizada pela *IEA Bioenergy Task 40*, setor especializado da Agência Internacional de Energia, o Brasil é o país que mais utiliza biomassa para a produção de energia, representando 16% do consumo mundial, à frente dos Estados Unidos, com apenas 9% (*IEA BIOENERGY TASK 40, 2022*). Embora ocupe essa posição de liderança, o Brasil ainda explora de forma limitada seu potencial, uma vez que o agronegócio, responsável por cerca de 27% do PIB (*Exame Agro, 2022*), gera grandes volumes de dejetos, que em sua maioria ainda são tratados como lixo. A produção de biocombustíveis surge como uma alternativa eficiente para reciclar esses resíduos, transformando-os em energia e combustíveis que podem, por sua vez, beneficiar a economia brasileira. A Associação Brasileira de Biogás e Biometano (Abiogás) estima que os dejetos suínos poderiam gerar até 2,7 bilhões de metros cúbicos de biometano por ano, quantidade suficiente para substituir cerca de 2,5 bilhões de litros de diesel ou até gerar energia elétrica capaz de abastecer 5 milhões de residências mensalmente. Apesar disso, o Brasil conta com apenas 675 plantas de biogás em operação, utilizando apenas 2% do seu potencial total.

No Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020, análise da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), há dados importantes referente a matriz energética brasileira, além de comparativos em série histórica, o que destaca o crescimento no setor e no potencial utilizado pelo Brasil, mas, nesse caso, apenas no que tange ao uso da biomassa como lenha, bagaço de cana e lixo, corroborando o fator de desperdício dos dejetos da agricultura:

**Figura 4 - Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW)**

	2015	2016	2017	2018	2019	Δ% (2019/2018)	Part. % (2019)	
<b>Total</b>	<b>140.858</b>	<b>150.338</b>	<b>157.112</b>	<b>162.840</b>	<b>170.118</b>	<b>4,5</b>	<b>100,0</b>	<b>Total</b>
Usinas Hidrelétricas	86.366	91.499	94.662	98.287	102.999	4,8	60,5	Hydropower Plants
PCH	4.886	4.941	5.020	5.157	5.291	2,6	3,1	SHP
CGH	398	484	594	695	768	10,5	0,5	CHG
Gás Natural	12.428	12.965	12.980	13.359	13.385	0,2	7,9	Natural Gas
Derivados de Petróleo	8.828	8.845	8.792	7.549	7.670	1,6	4,5	Petroleum Products
Carvão	3.389	3.389	3.324	2.858	3.228	12,9	1,9	Coal
Usinas Nucleares	1.990	1.990	1.990	1.990	1.990	0,0	1,2	Nuclear Power Plants
Biomassa	13.069	13.913	14.289	14.569	14.703	0,9	8,6	Biomass
Usinas Eólicas	7.633	10.124	12.283	14.390	15.378	6,9	9,0	Wind Power Plants
Solar	21	24	935	1.798	2.473	37,6	1,5	Solar Power Plants
Outras	1.850	2.163	2.243	2.188	2.234	2,1	1,3	Others

**“NOTA:** Inclui autoprodução clássica; Considera-se a parte nacional de Itaipu (6.300 MW até o ano de 2006, 7.000 MW a partir de 2007)

PCH: Pequena Central Hidrelétrica; CGH: Central Geradora Hidrelétrica; Nas Hidrelétricas não incluem-se as do tipo “pumped storages”;

Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível;

Nuclear: Queda de 17 MW observada em 2013, verificar Aneel - Resolução Autorizativa nº 3.334, de 14 de fevereiro de 2012 que estabeleceram a capacidade instalada da Usina Termonuclear Almirante Álvaro Alberto – Unidade I (Angra I).

Biomassa: lenha, bagaço de cana e lixo;

**Outras:** gás de coqueria, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis e biodiesel”

**ELABORAÇÃO:** Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com base em dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) BIG; Balanço Energético Nacional 2020.

Apesar dos avanços obtidos nas últimas décadas e da posição de destaque do Brasil no cenário mundial da bioenergia, o país ainda possui um vasto potencial inexplorado, especialmente no que se refere ao aproveitamento de resíduos orgânicos provenientes da agropecuária e da indústria e a baixa taxa de utilização do potencial de biogás. O que evidencia a necessidade de expansão da infraestrutura tecnológica e de estímulos regulatórios mais eficazes.

Ou seja, para que o setor de bioenergia alcance maior eficiência e contribua de forma ainda mais ampla para a diversificação da matriz energética nacional, torna-se imprescindível o fortalecimento das políticas públicas já existentes e o aumento de investimentos em inovação. Além disso, como forma de balancear os esforços de expansão com os ODS, é fundamental que haja aprimoramento dos mecanismos de incentivo à produção de pequenos produtores e consumo sustentável de energia em todo o país.

### 3.2 Impactos Econômicos e Sociais

A importância da energia para a economia brasileira é inegável, pois a produção e o consumo de energia são motores fundamentais para o funcionamento de serviços, transportes e indústria. Esse consumo não reflete só as necessidades do setor produtivo, mas também a dependência do Brasil em relação à energia para sustentar seu crescimento econômico. Assim, a expansão da bioenergia representa uma estratégia para garantir a segurança energética e uma oportunidade para promover a inclusão social, gerar empregos e estimular o desenvolvimento regional, principalmente nas áreas rurais, que são por vezes esquecidas. Nesse contexto, é indubitável que os impactos econômicos e sociais interagem entre si, tendo em vista que estímulos positivos na economia interferem diretamente na sociedade e vice-versa. A tabela abaixo mostra o consumo final de energia por setor em tonelada equivalente de petróleo (tep) em diferentes setores, com evidência aqui para o enorme volume de energia necessária para sustentar as demandas de serviços, transportes e indústria no Brasil entre 2011 e 2020:

Figura 5 - Consumo Final Energético (tep)

	10 <sup>3</sup> tep (toe)										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	228.392	235.555	243.321	248.921	245.257	240.034	243.866	243.156	245.632	242.029	FINAL ENERGY CONSUMPTION
SERVIÇOS	84.756	90.353	94.959	98.656	96.839	94.395	95.374	94.899	97.940	91.237	SERVICES
COMÉRCIO E OUTROS <sup>1</sup>	10.881	11.449	11.937	12.629	12.636	12.408	12.485	12.710	13.130	11.892	COMMERCE AND OTHERS <sup>1</sup>
TRANSPORTES	73.875	78.904	83.022	86.027	84.203	81.987	82.890	82.189	84.810	79.345	TRANSPORTATION
AGROPECUÁRIO	9.980	10.342	10.614	11.174	11.452	11.244	12.292	12.348	12.631	13.012	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
INDÚSTRIA	88.218	88.230	87.874	86.824	84.256	83.233	84.770	80.845	78.699	81.734	INDUSTRY
EXTRATIVA MINERAL <sup>2</sup>	3.334	3.239	3.246	3.357	3.345	2.712	2.655	2.736	2.418	2.141	MINING <sup>2</sup>
TRANSFORMAÇÃO	84.884	84.991	84.628	83.467	80.911	80.521	82.114	78.109	76.281	79.592	TRANSFORMATION INDUSTRY
NÃO METÁLICOS <sup>3</sup>	9.428	9.626	10.016	10.028	9.048	8.144	7.945	7.806	7.900	7.772	NON-METALS <sup>3</sup>
METALURGIA <sup>4</sup>	26.228	25.687	24.980	24.436	23.578	21.837	23.356	22.740	21.880	21.398	FERROUS AND NON-FERROUS <sup>4</sup>
QUÍMICA	7.440	7.237	6.986	6.709	6.875	6.743	7.019	6.909	6.675	5.835	CHEMICAL
ALIMENTOS E BEBIDAS	23.026	24.122	23.339	22.396	21.475	23.531	23.297	19.236	19.223	24.389	FOODS AND BEVERAGES
TÊXTIL	1.201	1.116	1.101	1.018	895	842	890	879	861	749	TEXTILES
PAPEL E CELULOSE	10.221	10.003	10.574	11.173	11.729	12.381	12.674	13.366	12.785	13.150	PAPER AND PULP
OUTRAS INDÚSTRIAS	7.340	7.202	7.632	7.709	7.312	7.041	6.933	7.172	6.956	6.299	OTHERS
ENERGÉTICO	22.171	22.868	26.144	27.454	27.764	26.308	26.011	28.620	29.665	28.446	ENERGY SECTOR
RESIDENCIAL	23.267	23.761	23.730	24.813	24.946	24.854	25.420	26.444	26.697	27.600	RESIDENTIAL
CONSUMO NÃO-IDENTIFICADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	UNIDENTIFIED CONSUMPTION

**“NOTAS:**

1. Corresponde aos setores público e comercial
2. Mineração e pelletização. Exclui exploração de petróleo, gás natural e mineração de carvão mineral
3. Corresponde aos setores cimento e cerâmica
4. Corresponde aos setores ferro-gusa e aço, ferro-ligas e não-ferrosos”

**ELABORAÇÃO:** Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2020

Os biocombustíveis, especialmente o biodiesel, têm a característica de serem derivados da agricultura, com maior presença em regiões rurais, que, em maioria, são economicamente menos favorecidas e com menores índices de desenvolvimento, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2021)<sup>9</sup>. A produção desses combustíveis gera empregos e renda no campo,

<sup>9</sup> Pereira, Caroline Nascimento; Castro, César Nunes de. Educação no meio rural: diferenciais entre o rural e o urbano. Brasília: Ipea, mar. 2021. 64 p. (Texto para Discussão, n. 2632). Disponível em: <[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10501/1/td\\_2632.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10501/1/td_2632.pdf)>. Acesso em 05 jun 2025.

contribuindo para combater problemas estruturais como a desigualdade de renda e a urbanização desordenada. Logo, como impacto socioeconômico direto da expansão do uso da bioenergia no Brasil, tem-se a geração de empregos, o que aumenta a concentração de renda e faz a economia se movimentar em regiões em que a maior concentração existente era a de pobreza. Esse aumento de renda nas famílias agricultoras é incentivado por programas como o RenovaBio, que também incentivam a diminuição do êxodo rural, fixando o homem na terra. Nesse cenário, além do aumento de empregos direto nas usinas e fazendas, houve impacto em toda a cadeia produtiva, desde o transporte até a pesquisa, tecnológica, bem como de movimentos em cooperativas que promovem apoio ao segmento.

Ainda que os avanços sejam notáveis e proporcionem benefícios expressivos para a economia e a sociedade, é importante considerar também os efeitos colaterais decorrentes desse crescimento. Um exemplo de impacto negativo foi o ocorrido no município de Edéia (GO), com a chegada da Usina Tropical, hoje pertencente à *BP Bioenergy*, uma divisão da BP, empresa multinacional de origem britânica. Com o aumento da concentração de pessoas nas áreas rurais, surgem também desafios advindos da expansão da bioenergia. Embora tenha havido um aumento na oferta de empregos, a atração de trabalhadores migrantes para a região fez com que a infraestrutura local, já fragilizada, não conseguisse acompanhar o crescimento populacional. Isso resultou em dificuldades na oferta de serviços públicos, como segurança, evidenciado pelo aumento da violência (Pietrafesa; Pietrafesa, 2014).

Dessa forma, a expansão da bioenergia no Brasil apresenta benefícios e desafios no cenário econômico, social e ambiental. A produção de biocombustíveis, ao gerar empregos e promover o desenvolvimento regional, tem contribuído para a redução das desigualdades sociais, especialmente nas áreas rurais. No entanto, o crescimento acelerado também deixa em evidencia questões relacionadas à infraestrutura e à capacidade de os serviços públicos atenderem à crescente demanda. De acordo com Oliveira (2012, *apud* Alves et al., 2018, p. 82), “consideramos segurança energética o estado em que um país tem um nível de disponibilidade de energia suficiente para manter o desenvolvimento econômico, suportando ou melhorando progressivamente as condições de vida da sua população”.

Portanto, no que diz respeito aos aspectos econômicos, a segurança energética se torna fundamental para suportar os avanços tecnológicos no Brasil e no mundo. A crescente demanda por infraestrutura, como o carregamento de carros elétricos e servidores de Inteligência Artificial, destaca ainda mais a necessidade de garantir um fornecimento de energia estável e suficiente para suportar esses novos desafios, além das necessidades cotidianas da indústria alimentícia e de subsistência, por exemplo.

Apesar de a bioenergia representar uma oportunidade para melhorar a segurança energética do Brasil, é urgente que o planejamento das políticas públicas leve em consideração os impactos sociais e a necessidade de fortalecer a infraestrutura nas regiões mais afetadas. Nesse sentido, os tomadores de decisão devem considerar os desafios estruturais que muitas vezes não são abordados de forma adequada em estudos acadêmicos, sendo que de 40 artigos revisados no presente trabalho, apenas 12 mencionam os impactos sociais dessa expansão.

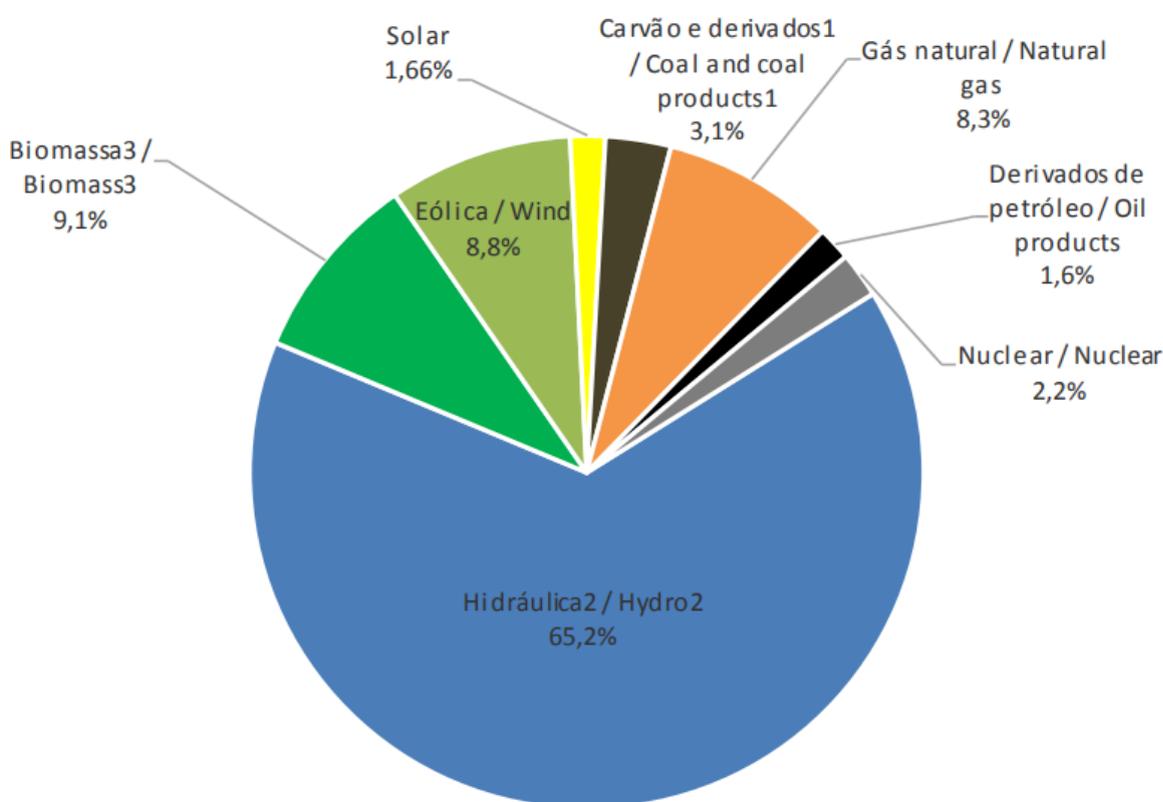
### **3.3 Impactos ambientais**

A crise climática é hoje uma das maiores ameaças à estabilidade ambiental e socioeconômica global. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o planeta caminha para um aumento médio de 1,5 °C na temperatura, sendo que já em 2024, houve o registro de “ano mais quente da história”, marca de quando a temperatura ultrapassou esse limite. O que intensificará eventos extremos, afetará ecossistemas e agravará desigualdades sociais. Nesse contexto, a promoção de uma transição energética justa e sustentável é um dos pilares centrais da Agenda 2030 da ONU, especialmente por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A bioenergia, ao integrar os ODS 7 (energia limpa e acessível), 12 (consumo e produção responsáveis) e 13 (ação contra a mudança global do clima), surge como alternativa estratégica à matriz fóssil dominante.

No Brasil, os benefícios ambientais da bioenergia são evidentes: substituição parcial de combustíveis fósseis, redução nas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), aproveitamento de resíduos agrícolas, principalmente o bagaço e a palha da cana-de-açúcar e uso mais eficiente da terra. Esses elementos contribuem para a

descarbonização gradual da matriz energética nacional, consolidando o país como referência em energia renovável. Conforme gráfico abaixo, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), é possível observar que cerca de 9,1% da energia ofertada no Brasil em 2020 teve origem em biomassa. Esse dado reflete aumento com relação a 2019, quando a participação foi de 8,6% no Brasil e demonstra um padrão mais sustentável em relação à média global de 2020, que, de acordo com o Grupo de Pesquisa em Bioenergia (USP), chegava a 9,73%.

**Figura 6 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte (%)**



**Notas:** 1. Inclui gás de coqueria; 2. Inclui importação de eletricidade; 3. Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.”

**ELABORAÇÃO:** Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020)

Contudo, os impactos ambientais da bioenergia não são exclusivamente positivos. A expansão desordenada de monoculturas energéticas em determinadas regiões resultou na intensificação do uso de fertilizantes agrícolas, degradação do solo e maior pressão sobre os recursos hídricos. Culturas como a cana-de-açúcar demandam grandes volumes de água para irrigação, o que pode comprometer a

disponibilidade hídrica em regiões já vulneráveis. No entanto, os avanços tecnológicos recentes têm apresentado soluções para esses desafios. Conforme destaca Richard Bivar, especialista do setor com mais de cinco anos de experiência, em entrevista realizada para esta pesquisa: "a cana se tornou mais resistente e produtiva graças ao melhoramento genético, e a tecnologia entrou de vez com drones, sensores e agricultura de precisão, aumentando a eficiência" (Apêndice A)."

Outra preocupação relevante no que concerne os impactos ambientais da expansão da bioenergia é em relação ao uso de terras férteis para produção de bioenergia e não para o cultivo de alimentos, "*food vs. fuel*", em tradução literal, alimento vs. combustível (Partzsch, 2009). Então, embora a bioenergia seja uma alternativa promissora, sua expansão deve ser acompanhada de planejamento ambiental e territorial adequado, a fim de evitar impactos socioambientais indesejados, como o desmatamento de áreas de mata nativa e assegurar a sustentabilidade a longo prazo.

Frente a estes contrastes que coexistem, o principal desafio consiste em equilibrar produtividade e conservação ambiental. Isso demanda inovação tecnológica, ampliação de práticas agroecológicas e fortalecimento de políticas públicas de regulação e fiscalização ambiental. Além disso, é necessário disseminar informações confiáveis sobre bioenergia e evitar que discursos de sustentabilidade sejam usados de forma superficial - prática conhecida como *greenwashing*.

Nesse contexto, a teoria verde oferece um referencial crítico para compreender os limites das soluções ambientais que permanecem atreladas às estruturas políticas e econômicas tradicionais. De acordo com Dyer (2018), essa abordagem se distingue por sua orientação ecocêntrica, que valoriza os ecossistemas em si, indo além da perspectiva utilitarista centrada no ser humano e suas necessidades de consumo exacerbado. A teoria verde também questiona o paradigma antropocêntrico dominante nas relações internacionais, e propõe uma revisão das prioridades políticas em direção a uma ética ambiental mais coletiva com a valorização do meio ambiente, aproximando-se dos ideais de ecocentrismo. Logo, a partir das ideias desta teoria, a expansão da bioenergia só poderá contribuir de maneira efetiva para a sustentabilidade se estiver alinhada a princípios ecológicos sólidos e à justiça ambiental em escala nacional e global, incluindo a

possibilidade de reestruturação das fronteiras a partir do biorregionalismo, que reorganizaria a sociedade de acordo com limites ecológicos, não políticos.

#### **4 Análise Crítica e Perspectivas Futuras**

A expansão da bioenergia no Brasil tem gerado avanços significativos, consolidando-se como uma solução estratégica para a diversificação da matriz energética nacional e fortalecendo a imagem política do Brasil como referência no setor. Até aqui fica o destaque positivo para a bioenergia, por ser uma fonte renovável de geração de energia, o que possibilita sua utilização tanto para combustíveis como para eletricidade. Além de reduzir a dependência de fontes externas de energia, como o petróleo, a bioenergia tem um impacto positivo na economia, gerando empregos e promovendo a geração de renda em diversas regiões interioranas do país. Do ponto de vista ambiental, a bioenergia apresenta benefícios claros, pois é caracterizada por menor emissão de gases de efeito estufa em comparação aos combustíveis fósseis, além de em sua produção existir a possibilidade de reaproveitamento de materiais orgânicos de residências e do setor agrícola.

No entanto, a expansão do setor de bioenergia no Brasil também traz desafios e impactos negativos em paralelo. Em termos sociais, a expansão da bioenergia tem gerado intercorrências na infraestrutura urbana, especialmente em pequenas cidades que recebem muitos trabalhadores. Essa migração excessiva para áreas despreparadas podem resultar em desafios relacionados à qualidade de vida e à oferta de serviços públicos, elevando as desigualdades já existentes. Quanto ao meio ambiente, o uso intensivo de recursos naturais, como a água, para irrigação de culturas destinadas para geração de energia pode comprometer a disponibilidade hídrica em algumas regiões. Além disso, a produção em larga escala está frequentemente associada à expansão de monoculturas, como a cana-de-açúcar, o que pode afetar a biodiversidade local e gerar desequilíbrios no ecossistema e até fomentar o debate *“food vs. fuel”* conforme destacado anteriormente. Por fim, é fundamental que as Políticas Públicas e a regulamentação do setor sejam constantemente avaliadas e até reformuladas.

Embora o Brasil tenha avançado significativamente na expansão da bioenergia, os desafios que ainda persistem exigem uma integração com as agendas globais de sustentabilidade. Nesse contexto, os ODS, especialmente o ODS 7, que busca garantir o acesso universal a uma energia acessível, confiável, sustentável e moderna, tornam-se uma referência e compromisso crucial para a construção de políticas públicas e práticas energéticas no Brasil. A bioenergia, por ser uma fonte renovável e despachável, se alinha diretamente a esse objetivo, oferecendo uma alternativa para reduzir a dependência de fontes externas e contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Porém, os desafios enfrentados pelo Brasil não são exclusivos do contexto nacional. De acordo com Ruben Eiras (2010), a relação entre as alterações climáticas, a segurança nacional e a dependência de energia elevou a segurança energética para o topo da agenda política no século XX, o autor traz ainda, dados expressivos da dependência energética em países da União Europeia:

“A Dinamarca é o único país independente em termos energéticos, enquanto em alguns países, como a Polónia e o Reino Unido, as taxas de dependência das importações são baixas (cerca de 20 por cento). No outro extremo, Irlanda, Itália, Portugal e Espanha têm relações de dependência de importação superiores a 80 por cento, enquanto pequenos países, como Malta e Chipre (devido à sua situação geográfica), juntamente com o Luxemburgo, são totalmente dependentes das importações de energia” (EIRAS, 2010, p. 121).

Sendo esses dados de dependência energética extremos até hoje, dentro e fora da União Europeia, como é o caso da situação entre Rússia e Ucrânia, quando durante a guerra que ocorre desde 2014, mas com atividades mais intensas desde 2022, houveram manchetes variadas envolvendo o assunto de energia, evidenciando as instabilidades geradas pela falta de segurança energética ocasionada pela dependência de fontes externas e/ou não renováveis, como: “Ucrânia força corte no fornecimento de gás natural da Rússia à Europa por meio do território em guerra”; “O enorme ataque da Rússia a infraestrutura de energia da Ucrânia” e “Estatal russa corta o fornecimento de gás à Europa através da Ucrânia”. O que reforça a necessidade de investimentos na diversificação das fontes de energia, independentemente da posição geográfica dos países, uma vez que a

energia ocupa posição necessária para subsistência, funcionamento das indústrias, transportes e serviços nos moldes de vida contemporâneos.

Assim, cabe analisar toda a situação da bioenergia sob a perspectiva das teorias verdes, fundamentadas na valorização dos ecossistemas e na interdependência entre sociedade e meio ambiente, essas teorias propõem uma mudança de paradigma em direção a uma ética ambiental que priorize a sustentabilidade em suas múltiplas dimensões. No contexto da bioenergia, elas ressaltam que a transição energética deve envolver transformações nas formas de governança, inclusão das comunidades locais e a promoção da justiça ambiental e social, indo além da simples substituição das fontes fósseis por renováveis.

Os investimentos a longo prazo no setor energético, dentro da lógica atual centrada no consumo excessivo, enfrentam desafios profundos para alcançar a sustentabilidade real, mesmo com a bioenergia. As teorias verdes apontam que, para além da eficiência na produção de energia, é fundamental repensar os padrões sociais e as estruturas do Estado, que continuam pautados na busca incessante por crescimento e acumulação, muitas vezes em detrimento do meio ambiente e da justiça social. Nesse sentido, movimentos e tendências como o minimalismo, o lixo zero e o *slow shopping*, apesar de algumas vezes serem apropriados apenas como símbolos estéticos nas redes sociais popularmente conhecidos como “*clean girl*” e outros, representam esperança de desconstrução da cultura do “ter” e do consumo desenfreado. Essas práticas indicam uma crescente consciência e uma possível mudança nos valores coletivos, que podem pressionar por uma reformulação das ordens vigentes. Já quanto ao Estado, cabe, por sua vez, abandonar a lógica tradicional de poder e riqueza a todo custo e assumir um papel ativo na promoção de políticas públicas que integrem o meio ambiente como ponto de partida, fomentando um modelo de desenvolvimento mais ético, sustentável e inclusivo.

Nesse sentido, a segurança energética como um desafio global, deve ser abordada de forma integrada, considerando tanto as alternativas energéticas quanto às políticas públicas necessárias para garantir que o crescimento do setor energético seja sustentável. Assim, a análise da transição energética no Brasil e no mundo não deve ser isolada, mas sim conectada às necessidades de adaptação climática e aos compromissos globais, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que estabelecem uma agenda compartilhada de sustentabilidade entre Estados e Instituições que pode funcionar.

## 5 Conclusão

A expansão da bioenergia no Brasil tem se consolidado como uma solução estratégica para a diversificação da matriz energética, com impactos significativos na economia, sociedade e meio ambiente. O país tem demonstrado grande potencial para a produção de biocombustíveis, oferecendo alternativas renováveis que contribuem para a segurança energética e redução das emissões de gases de efeito estufa e para o aproveitamento de seu forte potencial no setor agrícola. As políticas públicas, como o PROÁLCOOL e o RenovaBio, têm desempenhado um papel crucial na promoção desse modelo e na imagem do país no cenário internacional, mas o Brasil ainda enfrenta desafios relacionados à sustentabilidade e à integração da bioenergia com as necessidades sociais e ambientais locais. A necessidade de uma abordagem holística é ressaltada por Bivar (2024), em sua entrevista para a presente pesquisa, “é necessário conectar essa transformação com a educação, formação técnica e o fortalecimento das comunidades para que a bioenergia se torne um vetor de transformação social e ambiental”, indicando que o sucesso depende de integração setorial.

Apesar dos avanços, a transição energética no Brasil, como em outros países, exige uma análise integrada que vá além da simples substituição de fontes fósseis. A Teoria Verde reforça que a transição energética deve ser compreendida a partir de uma visão macro e interconectada, onde o desenvolvimento econômico deve estar em balanço com os limites ecológicos do planeta e a justiça social, sempre com a medida adequada entre o antropocentrismo e o ecocentrismo. Isso implica não apenas na ampliação das fontes renováveis, mas também na revisão ou criação de políticas públicas que garantam uma mudança nos padrões de consumo e produção, alinhando-se assim aos (ODS) e às chances de vida na terra nas próximas décadas.

O panorama internacional, exemplificado pela crise energética na Europa durante a guerra entre Rússia e Ucrânia, reforça a necessidade de países como o Brasil se posicionarem como líderes na transição para fontes de energia mais sustentáveis e resilientes. A bioenergia se apresenta como uma alternativa estratégica para aumentar a autossuficiência energética e reduzir a vulnerabilidade a crises globais, mas seu sucesso depende de um compromisso contínuo com a

inovação tecnológica e a justiça ambiental, garantindo que o crescimento do setor ocorra pautado em práticas sustentáveis de desenvolvimento, ou seja, sem comprometer a economia, sociedade e o meio ambiente para as gerações futuras.

## Referências

Alves, E. E. C.; Barbosa, G. G. Mudanças nos objetivos energéticos e política externa brasileira: os biocombustíveis no Brasil de 2003 a 2012. **Revista de Estudos Internacionais (REI)**, v. 9, n. 1, p. 80-94, 2018.

Amorim, S. C. **As parcerias estratégicas do Brasil no século XXI: os casos da África do Sul e da China**. 2019. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

Até 2050 a bioenergia corresponderá a 30% de toda a energia usada no mundo, diz especialista. **Epowerbay**, 10 nov. 2017. Disponível em: <https://www.epowerbay.com/single-post/2017/11/10/at%C3%A9-2050-a-bioenergia-corresponder%C3%A1-a-30-de-toda-a-energia-usada-no-mundo-diz-especialist>. Acesso em: 6 maio 2025.

Balanco Energético Nacional ressalta crescimento da renovabilidade da matriz brasileira. **Governo Federal**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/balanco-energetico-nacional-ressalta-crescimento-da-renovabilidade-da-matriz-brasileira>. Acesso em: 6 maio 2025.

Biocombustíveis: afinal, quais são as suas vantagens? **Raízen**, 7 jan. 2022. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/biocombustiveis>. Acesso em: 6 maio 2025.

Brasil lidera ranking mundial de uso da biomassa na produção de energia. **APLA**, 2024. Disponível em: <https://www.apla.org.br/brasil-lidera-ranking-mundial-de-uso-da-biomassa-na-producao-de-energia>. Acesso em: 6 maio 2025.

Brasil tem 10% dos "empregos verdes" do mundo. **SEBRAE**, 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/brasil-tem-10-dos-empregos-verdes-do-mundo.758f76f33ef28810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 6 maio 2025.

"Brasil tem potencial para liderar mundialmente a produção e o uso de biocombustíveis", afirma ministra. **Governo Federal**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/06/201cbrasil-tem-potencial-para-liderar-mundialmente-a-producao-e-o-uso-de-biocombustiveis201d-afirma-ministra>. Acesso em: 6 maio 2025.

Cantarella, H. et al. Biofuel technologies: lessons learned and pathways to decarbonization. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 15, n. 3, p. 214-228, 2023.

Castro Sousa, G. Brasil utiliza apenas 2% do seu potencial em biocombustíveis. **Jornal USP**, São Paulo, 8 ago. 2023. Disponível em:

<https://jornal.usp.br/atualidades/brasil-utiliza-apenas-2-do-seu-potencial-em-biocombustiveis/>. Acesso em: 6 maio 2025.

Conheça 4 fontes de bioenergia. **GNPW Group**, 2023. Disponível em: <https://www.gnpw.com.br/energia-limpa/conheca-4-fontes-de-bioenergia/>. Acesso em: 6 maio 2025.

Conheça nosso ciclo energético. **IBEA**, jan. 2023. Disponível em: <https://www.ibeacom.br/2023/01/conheca-nosso-ciclo-energetico/>. Acesso em: 6 maio 2025.

Costa, R. C. **A inclusão da sustentabilidade na agenda da política de desenvolvimento econômico chinesa, seus impactos para o Brasil e para o setor de energias renováveis**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Relações Internacionais) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2021.

Delgado, F. et al. A geopolítica das energias renováveis: considerações iniciais. **Caderno Opinião FGV Energia**, Rio de Janeiro, fev. 2017.

Demirkol, S. Brazil unveils platform to boost green investments. **Brazilian NNR**, 27 out. 2024. Disponível em: <https://braziliannr.com/2024/10/27/brazil-unveils-platform-to-boost-green-investments/>. Acesso em: 6 maio 2025.

Durão, R. Rússia realiza ataque contra setor energético da Ucrânia. **Brasil de Fato**, 07 mar. 2025. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2025/03/07/russia-realiza-ataque-contra-setor-energetico-da-ucrania/>. Acesso em: 6 maio 2025.

Dyer, H. C. Introducing Green Theory in International Relations. **E-International Relations**, 7 jan. 2018. Disponível em: <https://www.e-ir.info/2018/01/07/green-theory-in-international-relations/>. Acesso em: 06 maio 2025.

Erdenesanaa, D. A.I. could soon need as much electricity as an entire country. **The New York Times**, New York, 10 out. 2023. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2023/10/10/ai-electricity-country>. Acesso em: 6 maio 2025.

Feitosa, L. M. Análise dos acordos assinados pelo Brasil e pela Argentina na área de energia entre 1995 e 2010. **Revista Brasileira de Política Internacional**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 142-159, 2019.

Feitosa, L. M.; Mazzarella, M. G. M.; Oliveira, L. F. N. A diplomacia do etanol na América Latina e Caribe: o que queria o Brasil? **Mural Internacional**, Rio de Janeiro, v. 13, e68248, 2022.

Ferreira Brandão, E. A. A geoeconomia do etanol: as condicionantes e as oportunidades para a consolidação de um mercado global. **Universitas Relações Internacionais**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 37-50, jul./dez. 2015.

Fontes de biomassa. **GBio**, 2023. Disponível em: <https://gbio.webhostusp.sti.usp.br/?q=pt-br/livro/fontes-de-biomassa>. Acesso em: 6 maio 2025.

Global warming of 1.5°C. **IPCC**, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 6 maio 2025.

Hage, J. A. A. A energia e seu controle histórico: a questão do etanol como recurso energético alternativo. **Brazilian Journal of International Relations**, Marília, v. 2, n. 3, p. 436-462, set./dez. 2013.

Lima, T.; Pereira, I.; Barbanti, O. O agrogolpe e a política externa: desmantelo da diplomacia do combate à fome e fortalecimento do agronegócio. **Okara: Geografia em Debate**, João Pessoa, v. 12, n. 2, p. 348-371, 2018.

Mattos, R. B.; Moraes, I. A. Cooperação Brasil – África em biocombustíveis durante o governo Lula: uma parceria para o desenvolvimento. **Revista Conjuntura Austral**, Porto Alegre, v. 3, n. 13, p. 54-69, ago./set. 2012.

Moraes, I. A. A relação entre economia verde, Código Florestal e poder judiciário. In: **Agronegócio, sustentabilidade e a agenda 2030**. Londrina: UEL, 2020. p. 78-92.

Moraes, I. A.; Santos, M. H. S. Ciência, tecnologia e inovação no Brasil: política, economia e sociedade. **Revista Cadernos de Campo**, Araraquara, n. 27, p. 7-10, jul./dez. 2019.

Neris, I. S. **Diplomacia chinesa e a promoção de investimento em energia renovável no Brasil: o caso da região Nordeste**. 2021. Monografia (Graduação em Relações Internacionais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

Nogueira, L. A. H.; Capaz, R. S.; Lora, E. S. Bioenergia no Brasil: onde estamos e quais nossos horizontes. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 118-134, 3º trimestre de 2021.

Nosso Futuro Comum – Relatório. **SEMIL SP**, 22 maio 2024. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/nosso-futuro-comum-relatorio/>. Acesso em: 6 maio 2025.

Nova portaria do Selo Biocombustível Social fortalece agricultura familiar no Brasil. **Governo Federal**, 18 jun. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mda/pt-br/noticias/2024/06/nova-portaria-do-selo-biocombustivel-social-fortalece-agricultura-familiar-no-brasil>. Acesso em: 6 maio 2025.

O enorme ataque da Rússia a infraestrutura de energia da Ucrânia. **BBC**, 17 nov. 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com.br/noticias/energia-ucrania>. Acesso em: 6 maio 2025.

O que são as toneladas equivalentes de petróleo (TEP). **Gold Energy**, 2022. Disponível em: <https://goldenergy.pt/glossario/toneladas-equivalentes-petroleo-tep/>. Acesso em: 6 maio 2025.

Pietrafesa, P. A.; Pietrafesa, J. P. Capital internacional e novas fronteiras na produção de bioenergia no Brasil: o caso do estado de Goiás. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 58-77, jul./dez. 2014.

Plano Nacional de Agroenergia. **EMBRAPA**, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/plano-nacional-de-energia/plano-nacional-de-agroenergia>. Acesso em: 6 maio 2025.

Programa Nacional do Alcool completa 49 anos com impactos positivos na economia e no meio ambiente. **Governo Federal**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/programa-nacional-do-alcool-completa-49-anos-com-impactos-positivos-na-economia-e-no-meio-ambiente>. Acesso em: 6 maio 2025.

Ravena, M. Estatal russa corta o fornecimento de gás à Europa através da Ucrânia. **Brasil de Fato**, 01 jan. 2025. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2025/01/01/estatal-russa-corta-do-fornecimento-de-gas-a-europa-atraves-da-ucrania/>. Acesso em: 6 maio 2025.

Rodrigues, L.; Matos, S.; Valente, F. Bioenergia e o xadrez da transição energética. **FGV Energia**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 8, p. 45-62, 2023.

Schipfer, F.; Lange, N. (ed.). **Synergies for bioenergy supply chains in bioeconomy networks**. BioSyn Bioeconomy Synergies Initiative, 2022-2024. IEA Bioenergy: Task 40, dez. 2024.

Stein, G. Q. A pesquisa sobre energias renováveis nas ciências humanas: em busca de marcos analíticos a respeito de transições energéticas para sustentabilidade. **Revista Cadernos de Campo**, Araraquara, n. 27, p. 211-233, jul./dez. 2019.

Strelling, A. R. et al. Bioenergia e sua relação com a administração. **Terra e Cultura**, Londrina, v. 45, ano 23, p. 92-108, ago./dez. 2007.

Taveira, G. L. **Energia renovável e tecnologia na América Latina: desafios para a implementação da ODS 7 – Energia limpa e acessível**. 2023. Monografia (Graduação em Economia e Relações Internacionais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

## **Apêndice A – Entrevista semiestruturada com profissional do setor de energia, Richard Bivar.**

### **1. Experiência Profissional:**

**Pergunta:** Poderia descrever brevemente sua atuação no setor de energias renováveis, especialmente na área de bioenergia?

**Resposta:**

Atuo na área de energias renováveis há mais de 5 anos, mais precisamente dentro do segmento de eficiência energética, fazendo pontes entre geradoras de energia

limpa e indústrias. Fundei uma startup chamada “*Mindsun*”, onde nosso foco é captar dados de consumo de energia em indústrias e utilizar inteligência artificial para otimizar o consumo, ou seja, identificar desperdícios de energia dentro da cultura de consumo. De outro lado, fazemos a ponte entre geradoras de fontes limpas e as indústrias, ajudando no processo de democratização das energias renováveis.

## **2. Desenvolvimento da Bioenergia:**

**Pergunta:** Em sua avaliação, quais foram os principais avanços tecnológicos e produtivos da bioenergia no Brasil entre 2010 e 2020?

**Resposta:**

Nos últimos 10 anos, a bioenergia no Brasil evoluiu consideravelmente. O etanol de segunda geração foi um marco, pois passamos a utilizar palha e bagaço da cana para produzir mais energia sem precisar de mais terra. A cana se tornou mais resistente e produtiva graças ao melhoramento genético, e a tecnologia entrou de vez com drones, sensores e agricultura de precisão, aumentando a eficiência.

A bioeletricidade também ganhou força, com o bagaço sendo usado para gerar energia limpa e complementar à hidrelétrica. No biodiesel, os processos ficaram mais eficientes, e outras matérias-primas começaram a ser aproveitadas, diversificando a produção. No final da década, o RenovaBio trouxe uma valorização das práticas com menores emissões de carbono, o que deu um impulso ao setor.

**Pergunta:** O que esses avanços representaram para o desenvolvimento do setor no país?

**Resposta:**

Esses avanços ajudaram o Brasil a crescer no setor de bioenergia, gerando empregos, atraindo investimentos e fortalecendo nossa posição como referência em energia limpa e sustentável. A produção e o uso mais eficiente dos biocombustíveis permitiram que o país se posicionasse como líder na adoção de fontes renováveis.

## **3. Políticas Públicas:**

**Pergunta:** Como o(a) senhor(a) avalia o impacto de políticas públicas, como o RenovaBio e o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), na expansão da bioenergia no Brasil?

**Resposta:**

Políticas públicas como o RenovaBio e o PNPB foram fundamentais para dar escala e segurança ao setor de bioenergia no Brasil. O RenovaBio, por exemplo, foi um marco, introduzindo uma lógica de mercado para a valorização ambiental. Os CBIOs, que incentivam a produção eficiente com menos emissões, ajudaram o setor a atrair investimentos, melhorar a produtividade e garantir a viabilidade econômica da energia limpa.

**Pergunta:** Em sua visão, onde e de que forma essas políticas públicas poderiam ser aprimoradas para potencializar seus impactos positivos no setor?

**Resposta:**

Embora essas políticas funcionem bem, elas podem ser aprimoradas. O RenovaBio, por exemplo, poderia ser mais integrado com outras agendas, como o transporte sustentável e a transição energética nas cidades. Também seria importante melhorar a previsibilidade e a transparência do mercado de CBIOs, para atrair mais

participantes e evitar especulação. Quanto ao PNPB, seria interessante aumentar as metas de biodiesel e incentivar a diversificação das matérias-primas, além de apoiar mais inovações em biocombustíveis avançados.

#### **4. Impactos Econômicos e Sociais:**

**Pergunta:** Como a expansão da bioenergia contribuiu para a geração de empregos e para o desenvolvimento regional no Brasil no período de 2010 a 2020?

**Resposta:**

Entre 2010 e 2020, a expansão da bioenergia foi importante para a geração de empregos, principalmente no interior do país, onde a produção de cana, biodiesel e bioeletricidade é forte. Isso ajudou a descentralizar o desenvolvimento e levou oportunidades para regiões muitas vezes esquecidas. A bioenergia movimentou cooperativas, agricultura familiar e pequenos produtores, fortalecendo a economia local e aumentando a inclusão produtiva.

#### **5. Impactos Ambientais:**

**Pergunta:** Quais foram os principais benefícios e desafios ambientais associados ao crescimento da bioenergia no Brasil?

**Resposta:**

Os benefícios ambientais são claros: substituição de combustíveis fósseis, redução das emissões de CO<sub>2</sub>, reaproveitamento de resíduos (como bagaço e palha) e uso mais racional da terra. A bioenergia foi um vetor forte de descarbonização da matriz energética do Brasil. No entanto, o crescimento desordenado da bioenergia também apresentou desafios, como a pressão sobre os recursos hídricos, o uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos, e a expansão de monoculturas, que pode afetar a biodiversidade local e gerar desequilíbrios no ecossistema.

#### **6. Perspectivas Futuras:**

**Pergunta:** Na sua visão, como a bioenergia pode contribuir para que o Brasil alcance seus compromissos internacionais de redução de emissões de carbono, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 7 (Energia Limpa e Acessível), 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima)?

**Resposta:**

A bioenergia tem um grande potencial para ser um dos pilares da transição energética justa no Brasil. Ela pode ajudar o país a cumprir seus compromissos climáticos, pois oferece uma energia limpa e acessível, além de gerar desenvolvimento local. A bioenergia está diretamente ligada ao ODS 7, pois democratiza o acesso à energia renovável; ao ODS 12, ao promover a circularidade com o uso de resíduos; e ao ODS 13, por ser uma solução concreta para a crise climática. No entanto, é necessário conectar essa transformação com a educação, formação técnica e o fortalecimento das comunidades para que a bioenergia se torne um vetor de transformação social e ambiental.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, à fé e à força que me protegem, me amparam e me guiam todos os dias com discernimento para enxergar o melhor das situações e agir com intenção na busca por bons resultados no que me proponho a fazer. Viver tem sido imperdível.

À minha mãe, Marta, minha base, inspiração de coragem e determinação, minha eterna gratidão.

Agradeço também a todas as pessoas que surgiram como verdadeiros presentes ao longo desses anos de graduação, sempre no momento certo. Em especial, à Beatriz, que viveu a universidade comigo, com nosso jeito complementar e, quase sempre, equilibrado. À Nathalia e à Carolina, que, mesmo à distância, foram apoio essencial em todas as descobertas e desafios da vida adulta.

Ao meu orientador, José Francelino Galdino Neto, agradeço pelo olhar atento às minhas necessidades e potencialidades práticas “da melhor forma”. Estendo minha gratidão a todos os professores que contribuíram para a minha formação.

Sou imensamente grata por essa fase. Que os meus caminhos sigam repletos de crescimento e infinitas boas possibilidades.

Viva a universidade pública e seu poder transformador!