

Revisão de Política Energética

# **Brasil 2025**

**iea**

# INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 32 Member countries, 13 Association countries and beyond.

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Revised version: March 2026  
Information notice found at:  
[www.iea.org/corrections](http://www.iea.org/corrections)

Source: IEA,  
International Energy Agency  
Website: [www.iea.org](http://www.iea.org)

## IEA Member countries:

Australia  
Austria  
Belgium  
Canada  
Czech Republic  
Denmark  
Estonia  
Finland  
France  
Germany  
Greece  
Hungary  
Ireland  
Italy  
Japan  
Korea  
Latvia  
Lithuania  
Luxembourg  
Mexico  
Netherlands  
New Zealand  
Norway  
Poland  
Portugal  
Slovak Republic  
Spain  
Sweden  
Switzerland  
Republic of Türkiye  
United Kingdom  
United States

## IEA Association countries:

Argentina  
China  
Egypt  
India  
Indonesia  
Kenya  
Morocco  
Senegal  
Singapore  
South Africa  
Thailand  
Ukraine  
Viet Nam

The European Commission also participates in the work of the IEA



# Índice

<b>Sumário executivo .....</b>	<b>5</b>
<b>Informações gerais .....</b>	<b>16</b>
<b>Panorama da política energética e climática .....</b>	<b>20</b>
Estrutura institucional .....	20
Mudança climática .....	21
Principais políticas e estratégias energéticas .....	24
Principais políticas de transição energética .....	26
Programas de energia .....	28
Planos transversais .....	29
Recomendações .....	31
Transições de energia renovável centradas nas pessoas .....	32
Recomendações .....	39
Investimento e financiamento .....	43
Recomendações .....	47
<b>Setores de uso final .....</b>	<b>50</b>
Indústria .....	53
Recomendações .....	55
Transporte .....	57
Recomendações .....	62

Edifícios.....	65
Recomendações .....	68
<b>Eletricidade.....</b>	<b>70</b>
Perspectivas de descarbonização .....	71
Cenários, planejamento de sistemas .....	72
Mercado de eletricidade.....	75
Renováveis .....	80
Nuclear .....	87
Recomendações .....	88
<b>Combustíveis.....</b>	<b>93</b>
Setor exploração e produção de óleo e gás .....	93
Recomendações .....	99
Mercado petrolífero .....	101
Recomendações .....	107
Mercado de gás natural .....	109
Recomendações .....	113
Biocombustíveis .....	116
Hidrogênio.....	124
Recomendações .....	130
<b>Dados, estatísticas e rastreamento .....</b>	<b>135</b>
Recomendações .....	141
<b>Anexos .....</b>	<b>145</b>

# Sumário executivo

**O Brasil se posicionou como líder na transição energética global.** Seus vastos recursos de energia renovável, forte setor de biocombustíveis e compromissos climáticos ambiciosos oferecem vantagens distintas na economia de baixo carbono. O país lançou a Política Nacional de Transição Energética (PNTE), uma política abrangente com o objetivo de atingir emissões líquidas zero de gases de efeito estufa (GEE) até 2050, apoiada pelo Plano de Transição Energética (PLANTE) e pelo Fórum de Transição Energética (FONTE). Em 2024, o país também aprovou a Lei do Hidrogênio de Baixo Carbono, a Lei do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa, o Programa de Aceleração da Transição Energética e a Lei do Combustível do Futuro, impulsionando ainda mais a transição energética. Essas iniciativas buscam equilibrar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade, garantindo a segurança energética, a inclusão social e o avanço tecnológico.

**A transição energética do Brasil é orientada por estruturas de planejamento de longo prazo.** Isso inclui o Plano Nacional de Energia (PNE) com horizonte de 30 anos e o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), que oferecem um roteiro estruturado para integrar tecnologias limpas, expandir a infraestrutura de rede e melhorar a eficiência energética. Ainda assim, o Brasil se beneficiaria de uma estratégia energética mais integrada e abrangente, capaz de consolidar as políticas existentes e garantir coerência, melhor coordenação e maior previsibilidade para os investimentos. Além disso, o país precisará reavaliar prioridades de gasto e fontes de financiamento em todos os segmentos do setor energético, de modo a alinhá-los adequadamente aos principais objetivos do governo para a transição.

**O Brasil tem priorizado uma transição energética limpa centrada nas pessoas.** O país já avançou significativamente na ampliação do acesso e da acessibilidade à

energia, principalmente por meio do Programa Luz para Todos e subsídios direcionados para eletricidade e gás natural. Um dos principais desafios para o governo será elaborar políticas que garantam que os benefícios da transição energética sejam amplamente distribuídos entre todos os cidadãos e possam ser aproveitados para acelerar as oportunidades econômicas e reduzir as desigualdades. Nesse contexto, o potencial de geração de empregos da transição energética é significativo, mas ainda pouco compreendido quanto ao número de vagas, setores envolvidos e perfis de qualificação demandados. Um planejamento abrangente de empregos e um exercício de mapeamento da força de trabalho ajudariam a maximizar oportunidades, com base em experiências locais bem-sucedidas. O Brasil também deve identificar oportunidades para expandir o acesso à cozinha limpa para todas as famílias, considerando, inclusive, o uso da eletricidade como uma das opções disponíveis.

**Uma transição energética bem-sucedida no Brasil exigirá volumes expressivos de investimentos economicamente viáveis em tecnologias e infraestrutura de energia limpa.** O governo estima que serão necessários R\$ 3,2 trilhões (aproximadamente EUR 0,5 trilhão) ao longo da próxima década para investimentos relacionados à energia (incluindo infraestrutura complementar). Estes recursos deverão vir de uma combinação de capital público e privado. Desse montante, estima-se que 78% serão destinados ao setor de petróleo e gás natural, 19% à oferta de eletricidade e 3% à produção de biocombustíveis líquidos. Entretanto, o Brasil tem um custo de capital relativamente alto, o que pode prejudicar seu potencial de atração de investimento. O financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) foi fundamental para apoiar o forte crescimento em energias renováveis na última década. A nova plataforma de investimentos, juntamente com o Programa de Aceleração da Transição Energética, contribuirá para reduzir a lacuna de financiamento e atrair mais capital privado. Para mobilizar capital adicional alinhado com os objetivos da transição energética, o Brasil também poderia considerar a implementação de um fundo nacional de investimento que direcione parte das receitas governamentais do petróleo para financiar a transição e expandir os mecanismos de financiamento verde. O governo também deu um passo importante ao estabelecer um mercado de carbono no Brasil, o que ajudará a direcionar investimentos para setores de baixo carbono. As receitas geradas pelo sistema também podem representar uma importante fonte de recursos para financiar a transição energética e mitigar os impactos negativos nos preços de energia sobre as populações de baixa renda.

**O Brasil já dispõe de um sistema elétrico de baixas emissões e altamente baseado em fontes renováveis.** No entanto, várias tendências importantes estão criando desafios ao sistema que precisam ser enfrentados nos próximos anos. Entre eles, destaca-se o crescimento acelerado da geração eólica e solar fotovoltaica (FV), que tem superado o crescimento das redes elétricas e das soluções de flexibilidade. Soma-se a isso a maior complexidade no despacho hidrelétrico, em razão dos impactos das mudanças climáticas e da geração de FV distribuída. Portanto, o Brasil se beneficiaria de uma avaliação mais holística do marco regulatório do setor elétrico de modo a refletir essas transformações estruturais. Para garantir o equilíbrio da rede e a estabilidade do sistema, o Brasil deve incentivar plenamente a flexibilidade dos recursos existentes, incluindo a energia hidrelétrica, em conjunto com novas soluções, como resposta à demanda e armazenamento. Igualmente importante será garantir uma integração adequada da geração fotovoltaica distribuída ao sistema, inclusive por meio da revisão do atual sistema de compensação de energia elétrica (net metering). Fundamentalmente, os preços da eletricidade precisam ser limitados para viabilizar a eletrificação, garantir a acessibilidade das famílias e preservar a competitividade industrial. Nesse sentido, será necessário reavaliar a estrutura de custos e subsídios nas tarifas de varejo, com o objetivo de criar um regime regulatório que garanta preços justos e precisos e evite efeitos regressivos sobre famílias de baixa renda.

**O Brasil se beneficia com setores de uso final que já apresentam alta participação de bioenergia e eletricidade.** A indústria é o maior consumidor de energia, enquanto o setor de transportes responde pela maior parcela das emissões. A eficiência energética tem o potencial de trazer benefícios consideráveis para o Brasil, desde a redução dos custos com energia até a redução de emissões e o controle do crescimento da demanda. No setor industrial, as auditorias energéticas ajudam a identificar medidas de economia de energia e a viabilizar medidas de eficiência. Aumentar os padrões de desempenho energético para equipamentos industriais também poderia gerar resultados mais ambiciosos. Da mesma forma, auditorias energéticas voluntárias em edifícios também ajudariam a identificar soluções de baixo custo e eficiência energética. O governo também deve garantir que soluções de eficiência energética e conforto térmico sejam sistematicamente incorporadas em programas de habitação social para reduzir os custos de energia. Embora o Brasil tenha obtido enorme sucesso com biocombustíveis e veículos flex-fuel, o país também tem a chance de ampliar o papel dos veículos elétricos (VEs), incluindo híbridos flex-fuel, para reduzir as emissões e fortalecer a indústria nacional. O Brasil também se beneficiaria de políticas específicas para estimular a demanda

por veículos pesados de menor emissão de poluentes, considerando a elevada dependência do setor de frete por diesel fóssil.

**O Brasil segue como um dos principais produtores e exportadores de petróleo, bem como produtor de gás natural, liderado pela gigante estatal Petrobras.** O segmento de exploração e produção (E&P) representa um motor econômico essencial para o país, gerando receitas fiscais expressivas que apoiam o orçamento federal e os programas sociais. Considerando a base de recursos conhecida, estima-se que a produção de petróleo do Brasil deverá atingir o pico na próxima década. Diante dessa perspectiva, será necessário intensificar os investimentos em tecnologia e inovação para aumentar a produtividade, reduzir custos e manter a competitividade do setor no médio e longo prazo. Uma abordagem equilibrada será essencial para garantir a estabilidade econômica durante a transição para uma economia de baixo carbono. Entre as prioridades, destaca-se a necessidade de reduzir as emissões das atividades de exploração e produção, por meio da implementação de tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS na sigla em inglês), estratégias de mitigação de metano e regulamentações mais rígidas em relação à queima de gás natural (flaring) para minimizar impactos ambientais. Além disso, é importante maximizar os benefícios econômicos da produção de petróleo e gás para o Brasil. Isso inclui considerar uma participação mais ampla nas atividades de exploração e produção, com o objetivo de aumentar a eficiência do setor e liberar capital doméstico para outras áreas prioritárias que enfrentam maiores dificuldades para atrair investimentos privados. O setor de óleo e gás também pode ser uma fonte estratégica de capital e conhecimento técnico para impulsionar investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Além de estabelecer um fundo nacional de investimentos com recursos provenientes do petróleo e do gás voltado à transição de baixo carbono, o governo poderia incentivar as empresas do setor a destinarem uma parcela maior de seus investimentos em P&D para tecnologias limpas e inovação em energia limpa. Juntas, essas ações fortaleceriam o papel do Brasil na transição energética global.

**O consumo de óleo e gás também desempenha um papel importante na economia brasileira, destacando a importância da segurança do suprimento e de preços justos.** Como um dos principais produtores de petróleo, o Brasil é exportador líquido de petróleo bruto. Entretanto, o país ainda depende da importação de derivados, sugerindo que esforços adicionais sejam considerados para assegurar o acesso a todos os combustíveis em cenários de crise. O país também é um importador líquido de gás natural e, nos últimos anos, tem tomado medidas para diversificar suas importações de gás por meio da importação de gás natural liquefeito

(GNL). No entanto, os preços para consumidores industriais continuam altos, prejudicando a competitividade do setor. A Nova Reforma do Mercado de Gás aprovada em 2021 tem potencial para aprimorar a formação de preços e refletir de forma mais precisa os fundamentos de oferta e demanda. Entretanto, a implementação da lei precisa ser acelerada para concretizar os benefícios. O Brasil também deve definir com clareza o papel do gás natural na transição energética, por meio de uma estratégia que assegure seu uso eficiente e contribua, progressivamente, para a expansão das fontes renováveis.

### **Os biocombustíveis têm sido uma enorme história de sucesso para o Brasil.**

Políticas implementadas desde a década de 1970 promoveram uma expansão significativa da produção e do consumo de etanol e biodiesel. Atualmente, o programa RenovaBio, que estabelece metas anuais de descarbonização para incentivar a mistura de biocombustíveis, continua a impulsionar o crescimento do setor. Além disso, a recém-aprovada Lei do Combustível do Futuro é uma legislação abrangente que estimula a demanda por etanol, biodiesel, biometano, diesel verde e combustíveis sustentáveis para aviação (SAF) e estabelece marcos regulatórios para outros combustíveis sustentáveis. A oportunidade pode ser maximizada por meio da realização e divulgação de estudos detalhados sobre impactos e mudanças no uso da terra decorrentes da produção de biocombustíveis em todas as matérias-primas, inclusive por meio de uma avaliação contínua do RenovaBio. A experiência acumulada do Brasil em biocombustíveis de primeira geração pode ser ainda mais alavancada por meio do programa RenovaBio para impulsionar o desenvolvimento de biorrefinarias avançadas que podem produzir biocombustíveis de segunda geração e SAF. No geral, a forte base agrícola do país fornece ampla disponibilidade de matérias-primas para biocombustíveis avançados contribuindo para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e aumentar a segurança energética.

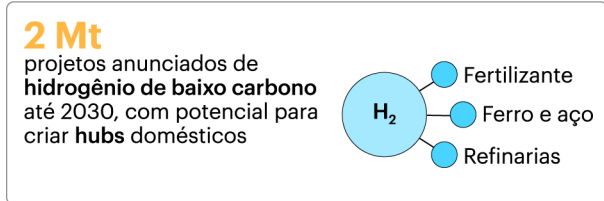
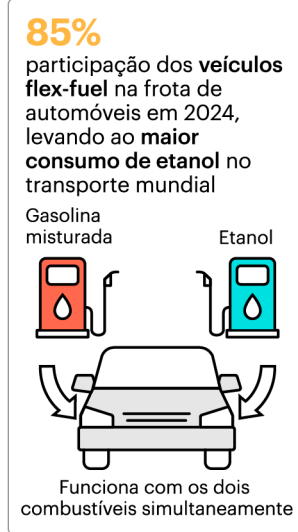
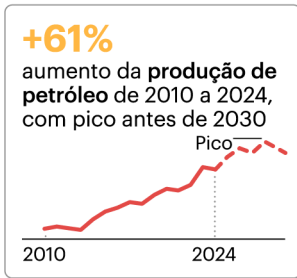
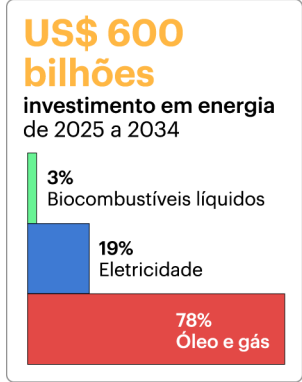
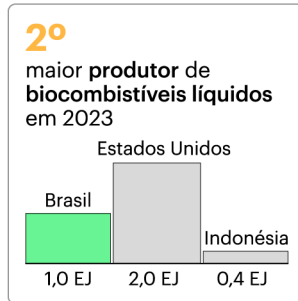
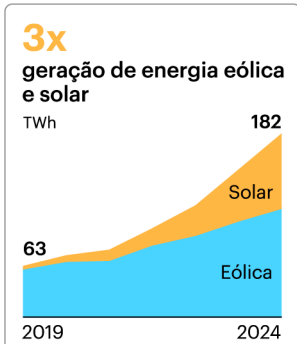
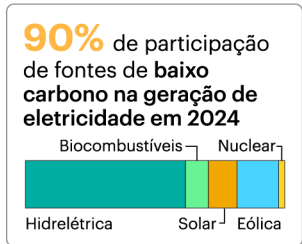
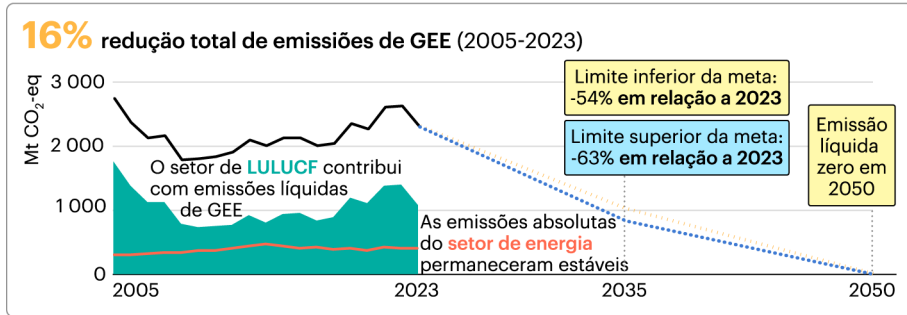
### **Outra grande oportunidade está no aproveitamento da matriz elétrica predominantemente renovável para expandir a produção de hidrogênio de baixas emissões.**

A Estratégia de Hidrogênio de Baixo Carbono posiciona o Brasil para ser um líder na produção de hidrogênio de baixas emissões, tanto para uso doméstico quanto para potenciais exportações, e sua implementação deve ser iniciada de maneira oportuna. O hidrogênio pode ser usado para reduzir emissões de setores de difícil descarbonização, como siderurgia, fertilizantes, transporte marítimo e aviação, contribuindo não apenas para reduzir o déficit comercial de fertilizantes, mas também para criar fontes de receita por meio do comércio internacional. A criação de demanda e o desenvolvimento de infraestrutura serão os principais viabilizadores do mercado e devem ser as prioridades iniciais do governo.

Com base na experiência do Brasil no setor de biocombustíveis, uma abordagem agroindustrial em polos produtivos (clusters) tanto para o hidrogênio quanto para outros combustíveis e produtos sustentáveis pode apoiar o desenvolvimento de mercados localizados, por meio de uma expansão gradual da infraestrutura, que posteriormente poderia ser ampliada.

**Nos últimos anos, o Brasil fortaleceu suas capacidades de coleta e disseminação de dados sobre energia, um pré-requisito para uma transição energética bem-sucedida.** O esforço tem sido liderado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que também consolida os dados para a preparação do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e do Plano Nacional de Energia (PNE), que orientam o desenvolvimento do setor energético. Com base nessas conquistas, o Brasil poderia desenvolver uma estratégia de dados de energia de médio prazo e fortalecer ainda mais a estrutura institucional para coleta de dados, em linha com as ambições políticas do PLANTE. A coleta de dados relevantes para a formulação de políticas também precisará evoluir para acompanhar um cenário energético em rápida transformação.

**De forma geral, o Brasil tem uma oportunidade única de se posicionar como líder global nos setores de energia limpa.** O sistema elétrico amplamente renovável e o setor de bioenergia, de referência global, oferecem vantagens competitivas que podem ser aproveitadas para desenvolver novas indústrias, gerar milhões de empregos e elevar o padrão de vida da população. O país já deu passos importantes, e as ações políticas do ano passado o posicionaram ainda melhor para concretizar seu potencial. O sucesso exigirá esforços conjuntos nos cenários macroeconômico e energético, incluindo a mobilização de financiamento, redução de preços, aumento da eficiência e a melhor alocação de recursos. Também será essencial adotar uma abordagem equilibrada para o desenvolvimento de recursos de petróleo e gás. Ao alinhar a transição energética com o desenvolvimento econômico, a transformação industrial e a inclusão social, o Brasil pode estabelecer uma referência global para o crescimento sustentável no século XXI.



IEA. CC BY 4.0.

Fontes: *Emissões*: Análise da AIE baseada em [SEEG](#) – Greenhouse Gas Emissions and Removals Estimation System, Climate Observatory (acessado em maio de 2025). *Investimento*: Análise da AIE baseada em MME (2025), [Ten-Year Energy Expansion Plan 2034](#) (acessado em maio de 2025). *Veículos flex-fuel*: Análise da AIE baseada em EPE (2025), [Analysis of the Biofuels Situation 2024](#) (acesso em agosto de 2025).

## Recomendações de políticas para o Brasil

### Panorama da política energética e climática

1. Garantir que o PLANTE funcione como um plano coerente e abrangente para orientar a transição energética nacional, alcançando uma transformação econômica e social sustentável e equilibrada para o Brasil.
2. Revisar todas as despesas governamentais com energia para realinhá-las com os objetivos do PLANTE.

### Transições de energia limpa centradas nas pessoas

3. Estabelecer uma estratégia integrada centrada nas pessoas para orientar a transição energética.
4. Implementar, em todo o governo, o mapeamento e o planejamento da força de trabalho da transição energética, a fim de otimizar oportunidades em comunidades locais.
5. Incluir a eletricidade no portfólio de opções de acesso à cozinha limpa para as famílias.

### Investimento e financiamento

6. Avançar no processo de estabelecimento de um instrumento de precificação de carbono para orientar investimentos, utilizando as receitas para mitigar impactos adversos sobre grupos de baixa renda e preservar a competitividade.
7. Estabelecer um fundo nacional de investimento para direcionar uma parcela fixa das receitas públicas oriundas do petróleo para financiar a transição energética, incluindo planos para avançar nas cadeias de valor de novas indústrias.

## Setores de uso final

8. Implementar auditorias energéticas obrigatórias para empresas com consumo de energia acima de um determinado nível, a fim de apoiar a adoção de medidas de eficiência energética e sistemas de gestão de energia.
9. Promover uma abordagem mais ambiciosa para padrões mínimos de desempenho energético para produtos com um alto impacto no consumo energético industrial e relevantes para a transição energética.
10. Aproveitar o potencial da indústria nacional e expandir o papel dos veículos híbridos *flex-fuel* e elétricos no setor de transportes.
11. Estimular a demanda por veículos pesados de menor intensidade de carbono.
12. Incentivar os proprietários de edifícios a realizar auditorias energéticas voluntárias em edifícios existentes, começando pelos de maior porte.
13. Integrar padrões de eficiência energética e conforto térmico em programas de habitação social.

## Eletricidade

14. Conduzir uma revisão abrangente dos marcos institucionais, regulatórios e de mercado para garantir um sistema elétrico seguro, acessível economicamente e preparado para o futuro, que reconheça as contribuições e capacidades de todos os atores em um sistema diversificado.
15. Incentivar todas as formas de recursos de flexibilidade do sistema elétrico, incluindo a energia hidrelétrica existente e a resposta da demanda, para integrar grandes quantidades de energia eólica e solar fotovoltaica (FV) de forma segura e eficiente.
16. Reformar o mercado varejista de eletricidade para refletir preços corretos e justos da eletricidade e do uso das redes, além de impulsionar a resposta da demanda.
17. Reformar o sistema de compensação de energia elétrica (*net metering*) da geração fotovoltaica distribuída para enfrentar as crescentes desigualdades e os sérios riscos à eficiência e à estabilidade do sistema elétrico.

## Óleo e gás

18. Avaliar políticas de exploração e produção (E&P) mais direcionadas e sensíveis às realidades regionais para incentivar uma participação mais ampla na exploração e produção, e para promover um desenvolvimento equilibrado do setor de óleo e gás para a sociedade brasileira.
19. Incentivar as empresas de óleo e gás a destinarem uma parcela maior de seus investimentos anuais para pesquisa, desenvolvimento e demonstração (P, D&D), com maior foco em tecnologias de baixo carbono.
20. Simplificar o marco institucional para que a exigência de estoque operacional possa mitigar vulnerabilidades externas decorrentes da dependência de importação de combustíveis.
21. Formalizar um plano nacional de resposta a emergências para crises de abastecimento de combustíveis.
22. Acelerar a implementação de reformas no mercado de gás natural para melhorar a formação de preços para os consumidores.
23. Esclarecer o papel esperado do gás natural na transição energética.

## Combustíveis sustentáveis

24. Finalizar uma avaliação do programa RenovaBio e divulgar publicamente os resultados, incluindo implicações para sustentabilidade e para mudança no uso da terra.
25. Promover o desenvolvimento de biorrefinarias avançadas, aproveitando as vantagens do país na produção de biocombustíveis e as oportunidades para a bioeconomia.
26. Ampliar a produção de hidrogênio de baixas emissões por meio do estímulo à demanda interna e ao potencial de exportação, com o desenvolvimento de hubs que otimizem as necessidades de infraestrutura.
27. Desenvolver infraestrutura em torno de polos produtivos para fomentar mercados locais de combustíveis e produtos sustentáveis, e expandir para corredores de baixo carbono.

## Dados e estatísticas

28. Desenvolver uma estratégia para orientar a evolução do sistema de dados de energia no médio prazo (cinco anos).
29. Reforçar a estrutura institucional para o fornecimento de estatísticas oficiais de energia.
30. Adaptar o desenvolvimento de dados relevantes para políticas a um contexto energético em rápida evolução.

# Informações gerais

## Estrutura política

O Brasil é uma república federativa com sistema presidencialista, composta por 26 estados e um distrito federal, cada um com governo próprio. O atual presidente, Luís Inácio Lula da Silva, foi eleito para um mandato de quatro anos em 2022, com possibilidade de reeleição. O presidente atua como chefe de estado e chefe de governo. O poder legislativo, conhecido como Congresso Nacional, é bicameral e inclui o Senado e a Câmara dos Deputados, que são responsáveis pela elaboração de leis e pela supervisão do governo. Além disso, o judiciário é independente, com o Supremo Tribunal Federal atuando como o mais alto tribunal do país.

## População

A população do Brasil atingiu [211 milhões](#) em 2023. De 2010 a 2022, quando foi realizado o último Censo Demográfico, a população do país cresceu 10,2%, resultando em uma taxa de crescimento anual de 0,8%, a menor já observada desde o início da série histórica em 1872. A taxa de fertilidade caiu de 6,1 nascimentos por mulher na década de 1960 para [1,6 nascimentos por mulher](#) em 2022. A população brasileira tornou-se relativamente idosa. De 1960 a 2012, a proporção da população de 15 a 64 anos cresceu de 53% para 70% do total. No mesmo período, a idade média aumentou de [16,9 para 28,2](#) anos, refletindo o envelhecimento da população. Além disso, a proporção de crianças [menores de 14 anos, que era de 38% em 1980, caiu para 20% em 2022.](#)

## Economia

O Brasil é a maior economia da América Latina e ocupa a nona posição no ranking mundial. Em 2023, seu produto interno bruto (PIB) atingiu US\$ [2,17 trilhões](#). Nos últimos 20 anos, o crescimento médio anual do PIB atingiu 2,9%. O PIB per capita do país de aproximadamente [US\\$ 10.000](#) o posiciona em torno da [108ª](#) posição no PIB per capita global. Em termos de distribuição de renda, o Índice de Gini do Brasil ficou em [0,53](#) em 2021, o segundo maior nível de desigualdade entre os países para os quais havia dados disponíveis naquele ano. Além disso, o Índice de Desenvolvimento Humano do Brasil foi de [0,754](#) em 2021, o que o colocou na 87ª posição mundial.

### Principais indicadores econômicos do Brasil, 2020-2023

	2020	2021	2022	2023
Crescimento do PIB (anual%)	-3,3	4,8	3,0	2,9
PIB per capita (US\$ atual)	6923	7794	9065	10043
Dívida pública em relação ao PIB (%)	98,7	85	79,1	
IED, entradas líquidas (% do PIB)	2,6	2,8	3,8	
Inflação, preços ao consumidor (anual%)	3,2	8,3	9,3	4,6
Taxa Banco Central	2,0	9,25	13,75	11,75

Observação: IED = investimento estrangeiro direto.

Fontes: [Banco Mundial \(2024\)](#); [Trading Economics \(2024\)](#).

Os serviços são uma parte importante da economia, representando [58,9%](#) do PIB, enquanto a indústria e a agricultura correspondem, respectivamente, a [22,3%](#) e

[6,2%](#). Em 2023, o crescimento do PIB do Brasil foi impulsionado pela [agricultura](#) (crescimento anual de 15,1%), [serviços](#) (2,4%) e [indústria](#) (1,6%). Desde a década de 1990, a participação da indústria no PIB vem caindo, em meio a um processo de desindustrialização, que o governo busca reverter com apoio da transição energética e da nova política industrial.

As exportações totais do Brasil subiram para [US\\$ 393 bilhões](#) em 2023, um aumento de 2,6% em relação a 2022, enquanto as importações totais caíram 9%, para [US\\$ 342 bilhões](#). O superávit comercial registrado em 2023 foi o maior de toda a série histórica, totalizando [US\\$ 51,5 bilhões, um aumento de quase cinco vezes em relação ao ano anterior](#).

O Brasil é, de forma geral, um país exportador de bens primários, principalmente da agricultura e do setor extrativo. Em 2022, os principais produtos que contribuíram para a balança comercial positiva foram, por ordem de importância: soja, petróleo bruto, minério de ferro, minerais betuminosos, milho, carne, açúcar e farelo de soja. Juntos, eles foram responsáveis por US\$ 177 bilhões em receitas cambiais para o país.

Apesar de ter superado a média da OCDE em 2023, com um crescimento de [2,9%](#), o Brasil apresenta, [desde 2014, um desempenho econômico inferior à média, em razão de restrições políticas e econômicas enfrentadas ao longo do período](#). Antes de 2014, a economia brasileira era caracterizada por ciclos instáveis de crescimento (*stop and go*), devido às flutuações do PIB. Com exceção da segunda metade dos anos 2000, quando a economia cresceu de forma consistente, as flutuações do PIB eram comuns, refletindo um desafio estrutural no país. O crescimento do PIB em 2024 é estimado em [2,1%](#) refletindo uma pequena recuperação dos setores de serviços e da indústria.

A economia deverá crescer 1,9% em 2024 e 2,1% em 2025, impulsionada principalmente pela demanda interna. Espera-se que o investimento cresça com a flexibilização das condições financeiras e o aumento da confiança empresarial. O consumo doméstico deve permanecer forte, apoiado pelo aumento dos valores da folha de pagamento e por políticas aprimoradas de criação de empregos.

A inflação, que atingiu uma média de 4,6% em 2023, deverá diminuir para 4,0% em 2024 e 3,3% em 2025, convergindo para a meta de 3% em 2025. À medida que alguns fatores conjunturais sobre os preços diminuem, a inflação também deverá diminuir. No entanto, picos temporários de inflação podem ocorrer, como aqueles

causados por eventos no setor agrícola que podem afetar os preços de alimentos e bebidas. A moeda brasileira é o real brasileiro, administrado pelo Banco Central do Brasil. A taxa de câmbio do real com o euro é [EUR 1 = R\\$ 5,4](#). A taxa de câmbio se desvalorizou [em 25%](#) desde 2018.

Em resumo, embora o Brasil seja uma das maiores economias globais, a riqueza é altamente concentrada e os indicadores de desenvolvimento estão significativamente abaixo dos observados nos países do G7, evidenciando disparidades gritantes nas condições econômicas e sociais.

# Panorama da política energética e climática

## Estrutura institucional

O Ministério de Minas e Energia (MME) é o órgão do governo federal responsável por conduzir a política energética nacional. Suas funções incluem a formulação e a implementação de políticas energéticas em conformidade com as diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). O MME também coordena o planejamento energético de médio e longo prazo, além de monitorar e prevenir riscos à segurança energética. Entre as principais instituições do MME estão o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), ambos presididos pelo Ministro de Minas e Energia. Além disso, o MME conta com quatro secretarias, três autarquias federais (agências reguladoras), três empresas públicas e três empresas de economia mista.

O CNPE, [composto por vários ministérios](#) e presidido pelo Ministro de Minas e Energia, é um órgão consultivo do Presidente da República para a formulação de políticas e diretrizes energéticas. Dependendo da pauta, o Presidente da República participa dos fóruns do CNPE. O [CMSE](#) tem como missão monitorar e avaliar a continuidade e a segurança do suprimento de energia elétrica em todo o território nacional.

Além do CNPE e do CMSE, as principais instituições responsáveis pelo planejamento energético, segurança energética, oferta de energia, mercados de energia e regulamentação de energia são: o regulador de energia elétrica, a [Agência Nacional de Energia Elétrica \(ANEEL\)](#); o regulador de petróleo, gás e biocombustíveis, a [Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis \(ANP\)](#); a organização de dados e estatísticas, a [Empresa de Pesquisa Energética](#); e as petrolíferas estatais [Petrobras](#) e a [PPSA](#).

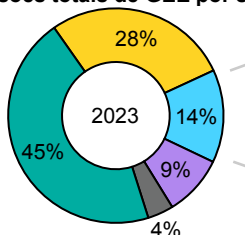
# Mudança climática

## Emissões de Gases de Efeito Estufa

O perfil de emissões de GEE do Brasil é fortemente influenciado pelo uso da terra e pela atividade agropecuária. Historicamente, a maioria das emissões veio de mudanças no uso da terra e desmatamento, particularmente na floresta amazônica, impulsionados pela expansão agrícola, pecuária e extração ilegal de madeira. Embora políticas públicas tenham contribuído para a redução do desmatamento, especialmente entre 2003 e 2012, os últimos anos registraram novo avanço do desmatamento em algumas regiões. A agricultura é outro grande contribuinte para as emissões, sendo o metano proveniente da pecuária a principal fonte de emissões. Os próximos maiores emissores são, pela ordem: energia, processos industriais e resíduos. Esses setores evidenciam a estreita conexão entre as atividades econômicas do Brasil e seus desafios ambientais.

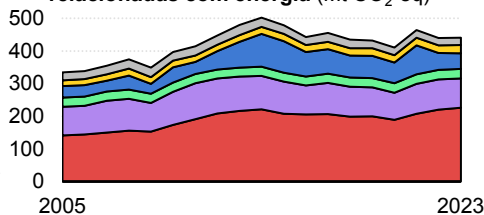
### Emissões totais de gases de efeito estufa (2023) e emissões GEE relacionadas com energia por setor (2005-2023) no Brasil

Emissões totais de GEE por setor



- Agricultura
- Energia
- Processos Industriais
- Resíduos
- LULUCF

Emissões de combustão de combustível relacionadas com energia (Mt CO<sub>2</sub>-eq)



- Transporte
- Indústria
- Geração de eletricidade
- Edifícios
- Agricultura
- Outros

AIE. CC BY 4.0.

Observação: LULUCF = Uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura.

Fontes: AIE (2025), [Emissões de gases de efeito estufa provenientes da energia](#); Análise da AIE baseada em SEEG (2024), [Emissões totais](#) (acessado em abril de 2025).

O setor energético brasileiro apresenta emissões de GEE relativamente baixas em comparação às médias mundiais, em grande parte devido à forte presença de fontes renováveis de energia na matriz energética. A energia hidrelétrica, em particular,

desempenha um papel crucial em manter baixas as emissões do setor elétrico, enquanto os biocombustíveis no transporte substituíram com sucesso grandes parcelas de combustíveis fósseis. Entretanto, embora a taxa de crescimento das energias renováveis seja consideravelmente maior que a dos combustíveis fósseis, que as emissões do setor energético devem continuar aumentando. Isso está acontecendo à medida que o consumo de combustíveis fósseis cresce em termos absolutos e a economia continua a se expandir.

## Contribuição Nacionalmente Determinada

O Brasil atualizou sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC na sigla em inglês) no âmbito do Acordo de Paris, com metas mais ambiciosas para 2035. A NDC tem como meta uma redução das emissões líquidas de GEE de 59% a 67% até 2035 em relação aos níveis de 2005, o que equivale a emissões absolutas de 850 milhões a 1,05 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Inclui emissões de todos os setores: energia, indústria, agricultura, silvicultura e resíduos. A ambiciosa meta em faixas reflete o compromisso do Brasil com a neutralidade climática até 2050. A NDC considera potenciais variações devido a fatores econômicos, internacionais e tecnológicos, garantindo flexibilidade na implementação. Os planos setoriais de mitigação, previstos para 2025, estabelecerão metas específicas de redução de emissões para todos os setores econômicos, apoiando o alinhamento do Brasil com o limite global de aquecimento de 1,5 °C.

### Metas climáticas do Brasil para 2030

	Emissões (Mt CO <sub>2</sub> -eq)	% de mudança desde 2005	Emissões (Mt CO <sub>2</sub> -eq)	% de mudança desde 2005
	Alvo de baixo custo		Alvo de alto custo	
2035	1050	-59%	850	-67%
2050	0	-100%	0	-100%

Observação: As emissões líquidas para o ano de referência de 2005 da segunda NDC do Brasil são baseadas nas emissões relatadas no "Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal" e não no Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa.

Fonte: [UNFCCC](https://unfccc.int), (acessado em 28 de abril de 2025).

A NDC faz parte do Plano Clima mais amplo do Brasil, que integra medidas de mitigação e adaptação com mecanismos como plataformas de financiamento sustentável, reformas tributárias e um mercado de carbono regulamentado. Os esforços para combater o desmatamento e restaurar florestas são elementos centrais, apoiados por iniciativas como o Fundo Amazônia e o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal.

## Mitigação

A [Política Nacional sobre Mudança do Clima](#) compromete o Brasil a reduzir as emissões de GEE e promove planos setoriais de mitigação e adaptação em áreas como energia, transporte, agricultura e indústria, alinhando o desenvolvimento econômico e social às metas climáticas globais por meio de práticas sustentáveis e tecnologias de baixo carbono. A Política Nacional sobre Mudança do Clima se concentra na redução do desmatamento na Amazônia, na expansão das energias renováveis, na promoção dos biocombustíveis e da reciclagem e no fomento à adaptação aos impactos climáticos. Apoiado por instrumentos como o Plano Nacional de Mudanças Climáticas e o Fundo de Mudanças Climáticas, busca enfrentar os desafios climáticos ao mesmo tempo em que contribui para o desenvolvimento sustentável e a ação climática global.

O [Plano Clima](#), em desenvolvimento desde o final de 2023 pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima e Crescimento Verde com ampla participação da sociedade, orientará a política climática do Brasil até 2035. O plano se concentra em dois pilares: 1) a Estratégia Nacional de Mitigação, que visa reduzir as emissões de GEE; e 2) a Estratégia Nacional de Adaptação, concebida para diminuir a vulnerabilidade das cidades e dos ecossistemas aos impactos climáticos, apoiada por planos setoriais. O plano enfatiza uma estratégia mais ampla de ação climática, incluindo uma transição socialmente justa, mecanismos de implementação, monitoramento de transparência e garantia da prontidão do Brasil para enfrentar as mudanças climáticas e eventos climáticos extremos de forma eficaz.

O presidente brasileiro sancionou recentemente uma lei histórica que institui um mecanismo de precificação de carbono. A Lei institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), criando limites de emissões e um sistema de comércio de certificados de emissão, incentivando assim as empresas a adotarem práticas mais limpas e isentando setores específicos, como o agronegócio. A legislação também garante a inclusão de comunidades indígenas

e prevê financiamento para pesquisas sobre descarbonização. Além disso, inclui a negociação voluntária de créditos de carbono, com foco na manutenção da integridade da compensação de emissões, garantindo que os créditos representem reduções reais, mensuráveis e verificáveis nas emissões de GEE. A nova lei representa um avanço crucial no compromisso do Brasil com a sustentabilidade e a inovação frente aos desafios das mudanças climáticas.

## Adaptação

[O Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas](#) (PNA), estabelecido em 10 de maio de 2016, é uma iniciativa federal desenvolvida em colaboração com a sociedade civil, o setor privado e os governos estaduais para reduzir a vulnerabilidade do Brasil às mudanças climáticas. Tem como objetivo gerir e mitigar os riscos climáticos; capitalizar oportunidades emergentes; evitar perdas e danos; e construir ferramentas para apoiar a adaptação de sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura.

Em relação à energia, o PNA enfatiza a priorização das energias renováveis no setor energético brasileiro, alavancando seus extensos recursos hidrelétricos juntamente com a energia solar, eólica e de biomassa para manter uma matriz energética de baixo carbono. O PNA destaca o papel central da resiliência da infraestrutura frente aos impactos climáticos, abordando vulnerabilidades na geração, transmissão e distribuição de energia. O Plano propõe ações como promover avanços tecnológicos, aperfeiçoar ferramentas de planejamento para lidar com a variabilidade climática e fortalecer a integração do sistema energético para garantir sustentabilidade e confiabilidade. A estratégia também enfatiza sinergias entre esforços de mitigação e adaptação, visando segurança energética, sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica.

## Principais políticas e estratégias energéticas

O Brasil tem dois principais planos de longo prazo para orientar o planejamento energético nacional, delineando metas estratégicas e prioridades concretas para o desenvolvimento do setor energético. O PNE 2050, elaborado pela EPE com base nas diretrizes do MME, mapeia diversos aspectos da evolução do setor a longo prazo. A estratégia é baseada em cenários de mudanças na produção e uso de energia, inclusive com foco na transição energética. Em um contexto de grande

imprevisibilidade, o PNE busca explorar alternativas futuras para aprimorar o processo decisório em políticas energéticas.

O PDE é um documento detalhado preparado pela EPE em estreita colaboração com o MME. Ele descreve uma perspectiva de expansão futura para o setor de energia no horizonte decenal, abrangendo oferta, demanda, infraestrutura e políticas. O PDE considera as principais dimensões do planejamento energético: econômica, estratégica, social e ambiental. Ele destaca as decisões de política energética, integrando-as com outras políticas adotadas no país, especialmente aquelas ligadas às mudanças climáticas e à transição energética.

Apesar desses instrumentos, o Brasil não conta com um documento único e abrangente de política energética que consolide suas metas energéticas e climáticas. Em vez disso, ele se baseia em uma ampla gama de políticas destinadas a garantir a segurança energética, promover a sustentabilidade e alcançar o acesso universal, tudo isso alinhado a estratégias transversais de outros ministérios. Planos estratégicos como o PNE e o PDE desempenham papéis centrais ao estabelecer cenários de longo prazo e fornecer orientação essencial para investimentos e planejamento de energia, garantindo que os recursos sejam alocados de forma eficiente para atender às demandas futuras de energia.

Em 2024, o Brasil introduziu políticas importantes para acelerar sua transição energética e se alinhar aos compromissos climáticos. Notavelmente, a Política de Transição Energética, a Lei dos Combustíveis do Futuro e o Marco Legal do Hidrogênio de Baixo Carbono demonstram um foco renovado em promover uma transição energética justa e sustentável, alinhada ao compromisso climático do país. Essas iniciativas, combinadas a outras políticas energéticas e intersetoriais, buscam otimizar a produção e o consumo de energia, impulsionar o país em direção a um futuro de baixo carbono e reforçar sua liderança global em energia renovável.

Além disso, em agosto de 2024, o Presidente iniciou o desenvolvimento de uma nova Política de Transição Energética, incluindo a criação da PLANTE e da FONTE. A pedido do Ministro de Minas e Energia, Alexandre Silveira, a Revisão da Política Energética da AIE desempenhará um papel crucial para identificar lacunas e conectar políticas energéticas às estratégias transversais, fornecendo apoio essencial para a implementação do PLANTE do Brasil.

# Principais políticas de transição energética

## Política Nacional de Transição Energética

O Brasil lançou oficialmente sua Política Nacional de Transição Energética, com o objetivo de orientar os esforços nacionais para transformar a matriz energética nacional e contribuir para o alcance da neutralidade nas emissões líquidas de GEE. Esta estrutura geral, aprovada pelo CNPE, orientará o desenvolvimento do próximo PLANTE e criará o Fórum de Transição Energética (FONTE) para informar esse processo, com a contribuição das partes interessadas.

O PNTE prioriza a colaboração e a integração, reunindo órgãos governamentais, a sociedade civil e o setor privado para orientar sua implementação. A política foi elaborada para alinhar as metas de transição energética a prioridades nacionais mais amplas, como eficiência energética, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, transformação econômica e fortalecimento de cadeias produtivas.

Os principais pilares do PNTE incluem:

- **Transformação de energia:** Uma mudança para uma matriz energética renovável, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis.
- **Transição inclusiva e justa:** Minimizar impactos negativos em comunidades e grupos vulneráveis e, ao mesmo tempo, maximizar oportunidades para o desenvolvimento socioeconômico.
- **Acesso universal à energia:** Garantir serviços de energia confiáveis e acessíveis para todos os cidadãos, combatendo a pobreza energética.
- **Mitigação e adaptação às mudanças climáticas:** Alinhar-se aos compromissos climáticos do Brasil, promovendo medidas para mitigar as mudanças climáticas e se adaptar aos seus impactos.

A implementação do PNTE será apoiada pelo PLANTE, um roteiro de longo prazo com ações, estratégias e cronogramas específicos. O FONTE permanente facilitará o diálogo e fornecerá recomendações sobre a implementação do PNTE.

Governança e transparência são essenciais para o sucesso do PNTE, com mecanismos de monitoramento liderados pelo CNPE e pela Secretaria Nacional de

Transição Energética e Planejamento. Medidas de transparência serão implementadas para garantir o acesso público à informação.

## Estrutura jurídica do hidrogênio

A Lei 14.948/2024 se baseia no “Plano Nacional do Hidrogênio” de 2021 para analisar o arcabouço legal e incorporar o hidrogênio como um vetor de energia e combustível, com foco no hidrogênio de baixas emissões. Institui a Política Nacional de Hidrogênio de Baixo Carbono e define “hidrogênio de baixo carbono”, “hidrogênio renovável” e “hidrogênio verde”.<sup>1</sup>

## Lei do Combustível do Futuro

O presidente da República sancionou a Lei do “Combustível do Futuro”, que introduz uma série de iniciativas para promover a mobilidade sustentável e de baixo carbono, consolidando o papel do Brasil como líder na transição energética global. A Lei institui programas nacionais para diesel verde, SAF e biometano e amplia os percentuais de mistura de etanol na gasolina e biodiesel no óleo diesel. Além disso, cria uma estrutura regulatória para a captura e armazenamento de carbono. Essas medidas criam oportunidades que combinam desenvolvimento econômico com geração de empregos e sustentabilidade ambiental, destravando investimentos estimados em R\$ 260 bilhões (US\$ 43 bilhões).

## Programa de Aceleração da Transição Energética

O Programa de Aceleração da Transição Energética (Paten) visa promover o desenvolvimento sustentável por meio de projetos de infraestrutura, expansão de parques de energia renovável e fomento à inovação tecnológica com benefícios socioambientais. O Programa busca facilitar o financiamento de projetos sustentáveis, conectar instituições financeiras com empresas interessadas, permitir o acesso do setor privado a recursos financeiros públicos e apoiar a geração de baixo carbono e a eficiência energética. O Programa dá ênfase especial a tecnologias de

---

<sup>1</sup>A AIE não usa cores para se referir às diferentes rotas de produção de hidrogênio. No entanto, ao se referir a anúncios de políticas, programas, regulamentações e projetos específicos em que uma autoridade usa cores (por exemplo, hidrogênio “verde”) ou termos como “limpo” ou “baixo carbono” para definir uma rota de produção de hidrogênio, a AIE manteve essas categorias.

redução de emissões de GEE, como soluções de conversão de resíduos em energia, alinhadas aos compromissos climáticos do Brasil.

## RenovaBio

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), sancionada em 2017, integra a Política Energética Nacional e contribui para o cumprimento dos compromissos do Brasil no Acordo de Paris. Um dos seus objetivos é reduzir a intensidade de carbono da matriz de transporte brasileira por meio da implementação de um sistema de Créditos de Descarbonização (CBIO), instrumentos financeiros negociáveis em bolsa de valores e vinculados à produção do biocombustível.

## Programas de energia

### Programa Luz para Todos

O Programa Luz para Todos tem como objetivo proporcionar acesso à eletricidade para populações rurais e remotas, promovendo a inclusão social. O Programa conectou milhões de lares ao longo de duas décadas e continua se expandindo para alcançar comunidades vulneráveis.

### Programa de Eficiência Energética

O Programa de Eficiência Energética, liderado pela ANEEL, promove o uso eficiente da eletricidade, reduzindo o desperdício e otimizando o consumo de energia em todos os setores. Com foco em inovação e sustentabilidade, apoia tecnologias e práticas de eficiência energética, beneficiando os consumidores e aumentando a eficiência e a sustentabilidade do setor energético. Os projetos são selecionados com base em sua eficácia e impacto (mais detalhes na [seção sobre eficiência energética](#)).

### Tarifa Social de Energia Elétrica

A Tarifa Social de Energia Elétrica está legalmente consagrada e oferece descontos nas tarifas de eletricidade para famílias de baixa renda, com abatimentos variados

com base nos níveis de consumo e suporte adicional para famílias indígenas e quilombolas<sup>2</sup>(mais detalhes na seção de eletricidade).

## Programa Energias da Amazônia

O Programa Energias da Amazônia, liderado pelo MME, foi criado em agosto de 2023. O objetivo é substituir a geração de energia a óleo diesel por fontes renováveis, como energia solar, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas, e garantir a qualidade e a segurança do fornecimento de eletricidade para mais de 3,1 milhões de pessoas que vivem em sistemas isolados (cidades e vilas abastecidas por usinas locais, sem conexão com o sistema interligado nacional - SIN). É um dos pilares da transição energética, contribuindo para melhorar a vida das pessoas e trazer desenvolvimento para a Amazônia, ao mesmo tempo em que contribui para a redução das emissões de GEE.

## Planos transversais

### Plano de Transformação Ecológica e Pacto de Transformação

O Brasil, sob a liderança do Ministério da Fazenda, iniciou um ambicioso plano de transformação ecológica para se tornar um polo de economia verde. O plano tem três objetivos principais: 1) emprego e produtividade; 2) desenvolvimento sustentável; e 3) justiça social. Essa estratégia, que prevê um novo papel para o Sul Global, inclui o estabelecimento de um mercado de carbono regulamentado, a emissão de títulos soberanos sustentáveis e a implementação de uma taxonomia nacional focada na sustentabilidade. À medida que o Brasil se prepara para sediar a COP30, o país se posiciona para avançar significativamente na expansão da infraestrutura hidrelétrica, na integração de sistemas elétricos e no aumento da produção de etanol e biocombustíveis de última geração.

Em agosto de 2024, os três poderes da República estabeleceram o Pacto pela Transformação Ecológica, comprometendo-se a atuar de forma harmoniosa e cooperativa em direção a objetivos comuns. Isso inclui sustentabilidade ecológica,

---

<sup>2</sup>Quilombolas são descendentes de afro-brasileiros que formaram comunidades após escapar da escravidão.

desenvolvimento econômico sustentável, justiça social, consideração dos direitos das crianças e das gerações futuras, e resiliência a eventos climáticos extremos. O Pacto, totalmente alinhado com os princípios do Plano de Transformação Ecológica, está organizado em três pilares principais: 1) território e planejamento do uso da terra (Eixo I); 2) transição energética (Eixo II); e 3) desenvolvimento sustentável com justiça social, ambiental e climática (Eixo III). O documento descreve 26 medidas e estabelece um comitê diretivo conjunto para supervisionar a implementação de cada ação.

## **Nova Indústria Brasil**

A Nova Indústria Brasil é uma política estratégica de longo prazo liderada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), que visa impulsionar o desenvolvimento sustentável do Brasil sob as perspectivas social, econômica e ambiental. A política é estruturada em torno de políticas orientadas por missões que se concentram em mudanças transformadoras. A Missão 5: Bioeconomia e Transição Energética se concentra na transformação do setor energético brasileiro. Seu objetivo é reduzir em 30% as emissões industriais de CO<sub>2</sub> por unidade de produção, por meio da adoção de tecnologias mais limpas, medidas de eficiência energética e maior integração de fontes renováveis. O programa também busca expandir em 50% o uso de biocombustíveis no transporte, aproveitando as vantagens competitivas da agricultura brasileira para reduzir a dependência de combustíveis fósseis.

## **Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa**

O presidente da República sancionou a lei que regulamenta o mercado de carbono e cria o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de GEE (SBCE). A legislação estabelece limites de emissões e cria um sistema de comércio de certificados de emissões para incentivar práticas corporativas menos intensivas em carbono. O texto também prevê a participação de comunidades indígenas, financiamento de pesquisas em descarbonização e integridade na negociação voluntária de créditos de carbono.

## Recomendações

### 1. Garantir que o PLANTE funcione como um plano coerente e abrangente para orientar a transição energética nacional, alcançando uma transformação econômica e social sustentável e equilibrada para o Brasil

O Brasil fez progressos louváveis no avanço da transição energética em linha com suas metas muito ambiciosas de mudança climática. Isso inclui o Plano Nacional de Energia 2050 e o PDE 2034, desenvolvidos pela EPE em colaboração com o MME. Além disso, em 2024, o governo brasileiro colocará em prática uma série de políticas e estratégias que dão impulso a vários elementos da transição energética, principalmente a Política de Transição Energética, a Lei do Combustível do Futuro e o Marco Legal do Hidrogênio de Baixo Carbono. Além disso, o governo lançou o PLANTE e o FONTE como abordagens mais abrangentes e consultivas para o plano de transição energética. Complementarmente a essas políticas estão o Plano de Transformação Ecológica, liderado pelo Ministério da Fazenda, e o plano Nova Indústria para reindustrialização, inclusive em setores de energia renovável, liderado pelo Ministério da Indústria. De forma notável, a cooperação interministerial no Brasil parece funcionar de maneira eficaz. No entanto, a transição energética se beneficiaria de um documento único e abrangente que consolidasse todas as diversas políticas e estratégias relacionadas à energia, clima, crescimento industrial, inclusão social e acessibilidade (atuais e futuras) para orientar investimentos e desenvolvimento setorial de forma coerente e estratégica. Isso deve incluir planos de ação concretos para os setores, com delimitação clara dos gargalos, funções e responsabilidades em todo o governo, além de marcos intermediários e mecanismos de monitoramento bem estruturados e sustentáveis para acompanhar a implementação. Essa estratégia abrangente deve ser orientada com o objetivo de alcançar uma abordagem equilibrada ao desenvolvimento dos setores de óleo e gás e para a transição energética.

## 2. Revisar todas as despesas governamentais com energia para realinhá-las com os objetivos do PLANTE

À medida que o Brasil busca capitalizar os enormes benefícios que a transição energética pode trazer, será necessário revisar de forma abrangente o regime de tributos e subsídios de energia para garantir que os incentivos e resultados do sistema estejam alinhados com as novas prioridades econômicas e sociais. Como na maioria dos países, o regime de subsídios resulta de decisões históricas muitas vezes sobrepostas. Subsídios consolidados ao longo do tempo tendem a ser difíceis de reverter. Por exemplo, o setor de eletricidade está sujeito a uma série de subsídios e subsídios cruzados que podem prejudicar a operação eficiente do sistema e o envio de sinais de investimento apropriados, o que pode resultar em ineficiências na alocação de recursos. Além disso, o Brasil oferece uma série de medidas de apoio fiscal aos combustíveis fósseis, tanto do lado do consumidor quanto do produtor. Embora isso possa ajudar a resolver problemas de acessibilidade para usuários finais e apoiar um setor produtivo a montante, o governo deve avaliar se o sistema atual está alinhado com sua futura transição energética e objetivos de emissões líquidas zero, especialmente em relação ao sistema de tributos e mecanismos de apoio às tecnologias de energia renovável. Além disso, um estudo completo também pode ajudar a identificar as áreas cruciais para a transição energética que podem estar subfinanciadas, onde os investimentos podem ser considerados prioritários, como a eficiência energética. Assim, uma reavaliação abrangente de impostos e subsídios pode contribuir para o uso mais eficiente e estratégico dos instrumentos fiscais, de modo a apoiar plenamente os objetivos do governo para o setor energético.

## Transições de energia renovável centradas nas pessoas

O Brasil fez avanços significativos na melhoria do acesso e da acessibilidade à energia, principalmente por meio da implementação bem-sucedida do Programa Luz para Todos, juntamente com subsídios para eletricidade e gás. No entanto, um dos principais desafios para o governo é elaborar novas políticas que garantam acessibilidade em sentido mais amplo. Isso inclui garantir acesso acessível a produtos de energia renovável e proteger famílias de baixa renda de possíveis contratempos. Embora políticas anteriores tenham, por vezes, levado a efeitos

distributivos negativos, como o aumento das tarifas de eletricidade devido à expansão da energia solar FV distribuída, isso não é inevitável. Com políticas bem elaboradas e a eliminação gradual de subsídios, o Brasil pode mitigar esses impactos e promover uma transição energética renovável justa e inclusiva.

O progresso nos benefícios distributivos também desempenhará um papel fundamental na transição energética do Brasil, como também ocorre em outros países. Historicamente, comunidades próximas a grandes projetos de infraestrutura energética, como usinas hidrelétricas e parques eólicos, muitas vezes tiveram benefícios locais limitados, mesmo arcando com os custos sociais e ambientais desses empreendimentos. Abordar a desigualdade energética e incorporar a “dimensão social da energia” são pilares fundamentais do PLANTE. Entretanto, iniciativas governamentais específicas para promover a criação de valor local e monitorar os impactos de projetos de energia nas comunidades afetadas ainda são limitadas.

No Brasil, a transição energética exigirá um conjunto significativamente maior de profissionais e técnicos treinados, bem como a futura reciclagem de trabalhadores do setor de óleo e gás devido ao declínio previsto do setor a longo prazo. Para isso, o Brasil já implementou diversas iniciativas para promover a formação e o desenvolvimento de competências em áreas de energia renovável. O programa Qualifica-PAC promove o crescimento econômico e a inclusão social por meio da formação direcionada a eletricitistas industriais e montadores de estruturas metálicas, atendendo à crescente demanda de mão de obra do setor. O Certificado Combustível Social também apoia o desenvolvimento regional ao incentivar a produção de biodiesel por agricultores familiares, promovendo a equidade social. Além disso, o Programa EnergIFE requalificou mais de 1.800 professores e capacitou mais de 30.000 profissionais com habilidades em energia renovável e eficiência energética, com destaque para energia solar fotovoltaica, posicionando o Brasil com uma força de trabalho qualificada para seu futuro de energia limpa. Entretanto, o Brasil não tem programas específicos para requalificar trabalhadores do setor de óleo e gás, em linha com o declínio gradual esperado na produção de petróleo e gás na década de 2030.

## Políticas de universalização

A taxa de acesso à eletricidade no Brasil (cerca de 99%) é superior à média latino-americana (96,6%). A taxa de acesso aumentou drasticamente nos últimos 30 anos, de 87,5% em 1990 para 99% em 2022. Esse progresso pode ser atribuído ao

Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Luz para Todos, lançado em 2003 durante o primeiro governo do presidente Lula da Silva. O Programa Luz para Todos tem como objetivo fornecer eletricidade a populações e comunidades rurais de regiões remotas da Amazônia Legal sem acesso ao serviço público de distribuição. O Programa foi concebido para garantir o acesso à energia como instrumento de inclusão social e redução das desigualdades no Brasil. Alguns de seus resultados e objetivos incluem:

- energia para mais de 3 milhões de casas e 18 milhões de pessoas em 20 anos
- desde que o programa começou, as oportunidades de emprego, o rendimento familiar e as atividades escolares noturnas aumentaram em pelo menos 40%, e mais de 300.000 mulheres iniciaram ou retomaram os seus estudos
- em 2023, as metas foram superadas em 24%, com 64.592 unidades consumidoras beneficiadas
- 39 mil pessoas atendidas no primeiro trimestre de 2024 com investimento de R\$ 228 milhões
- a meta para 2024 era levar eletricidade a 75.723 famílias por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)
- meta: beneficiar mais 500.000 famílias até 2026.

O Departamento de Universalização e Políticas Sociais de Energia Elétrica é responsável por coordenar, implementar e avaliar políticas que visem ao acesso universal à eletricidade e à promoção do desenvolvimento social e da cidadania entre os consumidores de eletricidade. Apoia a integração de políticas públicas e orienta programas para o uso racional, seguro e produtivo da eletricidade em comunidades isoladas e rurais. Além disso, o Departamento monitora o desempenho da oferta de eletricidade nessas áreas e supervisiona estudos e ações relacionadas à transição energética e ao fornecimento de sistemas isolados.

## Energias da Amazônia

O Programa Energias da Amazônia é um programa fundamental que visa reduzir o uso de óleo diesel na produção de energia por meio da transição para fontes renováveis. O programa busca reduzir as emissões de GEE e, ao mesmo tempo, garantir o fornecimento confiável de eletricidade para mais de 3,1 milhões de pessoas atendidas por sistemas isolados. As fontes renováveis para substituir o óleo diesel incluem energia solar (com e sem armazenamento), biomassa e pequenas centrais hidrelétricas em sistemas isolados.

Em 2022, foram identificados 210 sistemas isolados na região amazônica, com 80% de óleo diesel na geração de eletricidade, seguido pelo gás natural com 13% e biomassa com 6%. Como resultado de ações para conectar localidades à rede e reduzir a dependência do óleo diesel, em 2024, a participação do óleo diesel caiu para 67% e 174 sistemas isolados foram notificados pelas concessionárias.

Em 2024, duas iniciativas importantes do Programa foram lançadas em uma abordagem inovadora para aumentar a participação de fontes renováveis. A primeira consiste em um leilão para contratação de novas usinas para atender à demanda prevista para os próximos dez anos. A segunda envolve um edital de propostas voltado à substituição do óleo diesel em usinas existentes, à implementação de medidas de eficiência energética ou à redução de perdas. As ações serão financiadas com recursos da Eletrobras.

Nos próximos anos, as ações do Programa Energias da Amazônia devem contribuir para reduzir ainda mais a participação do óleo diesel e aumentar a confiabilidade e a segurança dos serviços de eletricidade para comunidades isoladas. O Programa será monitorado e avaliado com base em metas e indicadores a serem definidos pelo CNPE.

## Acessibilidade econômica

A Tarifa Social de Energia Elétrica foi instituída pela Lei 10.438 de 26 de abril de 2002. Por meio dela, são concedidos descontos aos consumidores da “subclasse residencial baixa renda”. Os consumidores deste grupo são isentos das cobranças relativas à Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e ao Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. Além destas isenções, são aplicados descontos cumulativos sobre o restante da tarifa residencial, de acordo com o nível de consumo de cada domicílio.

Famílias que consomem até 220 quilowatts-hora (kWh) por mês têm direito a descontos em energia elétrica. No entanto, as condições variam para as famílias indígenas e quilombolas inscritas no Cadastro Único, administrado pelo Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. As tabelas abaixo ilustram os níveis de desconto com base no consumo para famílias de baixa renda e famílias indígenas e quilombolas.

## Tarifa Social de Energia Elétrica para famílias de baixa renda no Brasil em 2022

Taxa de consumo mensal de eletricidade	Desconto
0-30 kWh	65%
31-100 kWh	40%
101-220 kWh	10%
> 221 kWh	0%

Fonte: [ANEEL 2022](#).

## Tarifa Social de Energia Elétrica para famílias indígenas e quilombolas no Brasil em 2022

Taxa de consumo mensal de eletricidade	Desconto
0-50 kWh	100%
51-100 kWh	40%
101-220 kWh	10%
> 221 kWh	0%

Fonte: [ANEEL 2022](#).

Os descontos da Tarifa Social de Energia Elétrica são financiados pela CDE. Os distribuidores são reembolsados por todos os benefícios concedidos. Além dos descontos para famílias de baixa renda, a CDE também financia iniciativas como a universalização dos serviços de eletricidade e as despesas da Conta de Consumo de Combustíveis, entre outras.

## Cozinha limpa

Mais de 2,3 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso a fontes limpas de energia para cozinhar. No Brasil, o número é de aproximadamente 14 milhões de pessoas, que precisam usar principalmente lenha e carvão para o preparo de alimentos. Isso configura, além de um problema energético, um desafio de saúde pública que afeta desproporcionalmente as mulheres.

Para resolver esse problema, o governo federal já implementou ou planeja lançar diversas iniciativas, incluindo a Política Nacional de Energia Limpa na Cozinha, o Auxílio Gás e o programa Gás para Todos. Essas três iniciativas são financiadas principalmente pelo governo federal, com despesas alocadas no orçamento da União. Os fundos são projetados para fornecer benefícios às famílias elegíveis, conforme definido em lei.

## A Política Nacional para a Promoção da Cozinha Limpa

O governo brasileiro está se preparando para emitir um decreto para criar a Política Nacional de Energia Limpa na Cozinha, que inclui o lançamento do Programa Cozinha Mais Verde. O principal objetivo do Programa é eliminar o consumo de lenha nas cozinhas brasileiras, um importante indicador de pobreza energética.

## A Cozinha Solidária Sustentável

A Cozinha Solidária Sustentável faz parte da discussão da Política Nacional de Promoção da Cozinha Limpa, que visa promover o acesso universal em todo o país às tecnologias limpas para o preparo de alimentos, ou seja, o uso de fontes limpas de energia para o preparo de alimentos em ambientes fechados. A iniciativa surge no contexto do Grupo de Trabalho de Transições Energéticas do G20, em sinergia com a Aliança Global contra a Fome e a Pobreza, que visa reduzir as desigualdades e contribuir para parcerias globais para o desenvolvimento sustentável, defendendo transições energéticas sustentáveis, inclusivas e justas.

A iniciativa piloto prevê a instalação de biodigestores em sete cozinhas solidárias, estrategicamente distribuídas pelo país, além de outros equipamentos necessários para garantir um processo de “cozinha limpa” durante a preparação das refeições.

O programa **Auxílio Gás**, criado em 2021, visa reduzir o peso financeiro do preço do gás de cozinha para famílias de baixa renda. Inicialmente, o benefício correspondia

a 50% do preço médio nacional de um botijão de gás liquefeito de petróleo (GLP) de 13 kg, pago bimestralmente. Desde janeiro de 2023, o benefício foi ampliado para cobrir o custo integral do botijão, calculado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis. As famílias elegíveis incluem aquelas registradas no Cadastro Único com renda mensal per capita de até meio salário mínimo, incluindo famílias que recebem outros programas de assistência governamental.

Embora o Auxílio Gás não reduza diretamente o preço de mercado do gás de cozinha, ele efetivamente diminui o ônus financeiro dos beneficiários ao fornecer assistência direcionada, tornando o acesso à energia mais acessível para as populações economicamente mais vulneráveis do Brasil. O programa deverá ser substituído pelo programa Gás para Todos, anunciado pelo MME em 2024.

## Gás para Todos

O governo enviou uma proposta (PL 3335/2024) à Câmara dos Deputados para a criação do Gás para Todos. Com orçamento financiado pelo Fundo Social a partir da receita obtida com a produção de petróleo, o governo cobrirá a compra de botijões de GLP para famílias carentes. O objetivo do Gás para Todos é estender o acesso ao gás de cozinha que hoje contempla 5,6 milhões de pessoas no âmbito do programa Auxílio Gás, a mais de 20 milhões de famílias até o final de 2027.

## Consulta pública

O Brasil assumiu um amplo compromisso com os princípios de governo aberto de transparência, integridade, responsabilização e participação das partes interessadas. Como membro fundador da Parceria para Governo Aberto, o Brasil implementou diversas ferramentas participativas, incluindo a plataforma “Participa Mais Brasil”, e mecanismos de monitoramento de políticas de governo aberto, como a Lei de Acesso à Informação e a Política de Dados Abertos. No entanto, o mais recente Estudo de Governo Aberto da OCDE sobre o Brasil (2022) ressalta a necessidade de uma estratégia federal coerente, que possa alinhar as políticas energéticas com objetivos democráticos mais amplos, fortalecer a confiança dos cidadãos e proteger o espaço cívico como um elemento essencial da participação pública.

Diversas políticas foram submetidas à consulta pública para garantir transparência, engajamento das partes interessadas e alinhamento. Entre os exemplos, destacam-se as consultas ao PDE 2034, que incorpora feedback sobre prioridades de expansão de energia, como tecnologias de armazenamento em baterias, e o

PLANTE, por meio do FONTE, que reúne contribuições de partes interessadas. As consultas públicas também subsidiaram a Garantia de Suprimento Eletroenergético em Sistemas Isolados, o Plano Anual de Aplicação de Recursos do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e a Estratégia Nacional de Adaptação.

## Recomendações

### 3. Estabelecer uma estratégia integrada centrada nas pessoas para orientar a transição energética

A transição energética do Brasil tem o potencial de trazer oportunidades econômicas significativas para o país. Entretanto, uma distribuição equitativa dos custos e benefícios da transição não é garantida. O Brasil precisará, portanto, proativamente promulgar políticas e estratégias para garantir que todos os segmentos da sociedade se beneficiem da transição e evitar que custos desproporcionais recaiam sobre populações de baixa renda ou marginalizadas. Programas como Luz para Todos, Energias da Amazônia e Tarifa Social de Energia Elétrica ajudam a promover resultados mais equitativos ao expandir o acesso e reduzir os preços. No entanto, uma abordagem mais abrangente ao planejamento energético, que considere todos os elementos de uma transição centrada nas pessoas — como empregos, desenvolvimento social e econômico, equidade, inclusão social, justiça e participação cidadã — seria especialmente benéfica. Essa necessidade é ainda maior nesta fase da transição, quando as transformações do sistema energético serão mais profundas. Nesse sentido, o governo deve avaliar os impactos distributivos das políticas de transição energética para garantir que a justiça e os resultados equitativos sejam incorporados à concepção das políticas. Por exemplo, é importante que as medidas de apoio fiscal ao consumidor — como políticas de medição líquida, subsídios para compra de veículos elétricos (VE) ou incentivos para renovação — não beneficiem apenas as famílias com renda mais alta. Da mesma forma, deve promover um engajamento coordenado com comunidades locais e cidadãos de todas as regiões para ampliar a contribuição de um espectro amplo de partes interessadas da sociedade. O PLANTE foi projetado como uma abordagem abrangente ao planejamento energético, e a conexão entre vários temas, incluindo emprego, acessibilidade e participação pública em energia, deve ser enfatizada ao longo de todo o processo. Além do PLANTE, o FONTE é outro pilar da transição energética que pode ser alavancado como um instrumento permanente e consultivo com o

objetivo de estimular, ampliar e democratizar as discussões sobre a transição energética entre as partes interessadas do setor energético.

#### 4. Implementar, em todo o governo, o mapeamento e o planejamento da força de trabalho da transição energética, a fim de otimizar oportunidades em comunidades locais

O Brasil, liderado pelo MME, deve desenvolver uma estrutura mais abrangente que incorpore governança, engajamento e responsabilidade para o planejamento da futura força de trabalho em energia, aprimorando a atual abordagem descoordenada para orientar os esforços do governo ao longo do tempo. À medida que a mudança global para um futuro de emissões líquidas zero em 2050 evolui, é importante desenvolver uma melhor compreensão da natureza mutável do mercado de trabalho e da variedade de novas habilidades e competências que a economia de emissões líquidas zero exigirá.

Um estudo externo estima que, de acordo com o Plano de Transformação Ecológica do Brasil, até 1,4 milhão de empregos na transição energética serão criados até 2030. Além dessa previsão, informações adicionais sobre a localização ou o tipo de empregos são em grande parte desconhecidas, com exceção de alguns casos especiais. Portanto, o potencial de criação de empregos deve ser cuidadosamente avaliado, inclusive em relação a deslocamentos e efeitos não intencionais nas comunidades locais. Uma abordagem muito promissora para se preparar para as necessidades de empregos em energia renovável foi demonstrada pela avaliação das necessidades de mão de obra resultantes de um leilão de transmissão de eletricidade.

Essas informações permitiram a adoção de medidas antecipadas para garantir que as comunidades locais ao longo da rota de transmissão tivessem melhor acesso a programas de capacitação capazes de gerar empregos no setor de transmissão elétrica. Isso é particularmente importante para garantir que os benefícios cheguem às populações locais, que estão cada vez mais expressando insatisfação e frustração com o desenvolvimento energético, pois sentem que não foram adequadamente consultadas e devem arcar com os custos e impactos negativos de atividades e infraestrutura indesejadas sem colher quaisquer benefícios. O treinamento regional deve ser priorizado para garantir que a expansão de empregos em energia renovável promova benefícios sociais e equidade, com atenção especial às regiões com maior

desemprego e menor nível educacional, para que comunidades menos favorecidas recebam o apoio necessário. Essas ações colocariam em prática alguns dos Princípios de Transição Energética Justa e Inclusiva acordados em 2024 durante a Presidência do Brasil no G20.

Uma abordagem governamental integrada sobre a força de trabalho em energia limpa pode maximizar os impactos de novas políticas e programas, como o Pacto Nacional por Mais Mulheres em Energia e Mineração. Ele também pode aproveitar o fluxo existente de informações da indústria para o governo por meio do Serviço Nacional de Treinamento Industrial e expandir os esforços atuais para treinar trabalhadores e educadores nessas áreas. O Brasil também deve garantir que os participantes do FONTE representem o trabalho, a indústria, as instituições de treinamento e educação, e os jovens, para contribuir ainda mais para a melhoria dos empregos e do plano de transição energética relacionado às habilidades. Com outros ministérios promovendo iniciativas complementares, como a política Nova Indústria Brasil e o Plano de Transformação Ecológica, é fundamental ter governança e responsabilização claras com metas e indicadores de sucesso.

Além disso, esforços mais concentrados para implementar políticas e programas de eficiência energética podem levar a novas oportunidades significativas de emprego, e uma abordagem governamental integrada garantirá que a educação e o treinamento sejam implementados para atrair jovens, trabalhadores desempregados e subempregados para apoiar a economia da energia renovável. Além disso, por meio de decretos e leis recentes, o Brasil estabeleceu algumas condições para a criação e expansão de novas indústrias, como o processamento de minerais críticos; baterias; captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS); e hidrogênio. Esforços devem ser feitos para alavancar, requalificar e redistribuir a expertise existente para atender a esses novos setores, sempre que possível. No entanto, onde a experiência ainda não está amplamente disponível, o governo deve apoiar os esforços de treinamento da força de trabalho (inclusive por meio de parcerias internacionais) para garantir que a escassez de habilidades não se torne um impedimento ao crescimento do setor.

## 5. Incluir a eletricidade no portfólio de opções de acesso à cozinha limpa para as famílias

Embora o acesso a cozinha limpa esteja avançando no Brasil, o desafio persiste. Dados de 2024 indicam que mais de 5 milhões de pessoas ainda dependem de combustíveis como carvão, carvão vegetal, querosene e lenha para o preparo de refeições.

É de conhecimento geral que essa condição reduz a qualidade do ar e leva a problemas de saúde, afetando particularmente mulheres e meninas. O Brasil se comprometeu a garantir acesso a cozinha limpa para todos por meio do seu programa Gás para Todos, que fornecerá GLP principalmente para residências remotas. Entretanto, o programa ainda não está totalmente financiado e a implementação não está completamente em andamento.

O MME deve considerar todas as abordagens para alcançar o acesso à cozinha limpa e deve analisar os custos totais de várias opções, incluindo o programa proposto de fornecimento de GLP versus cozinha elétrica conectada à rede e em sistemas isolados. Essas avaliações devem considerar as capacidades da rede local e as conexões com a rede nacional para coordenar o planejamento entre instituições, programas e planos de infraestrutura relevantes. O programa consolidado Luz para Todos poderia ser aproveitado para oferecer às famílias a opção de serviço de cozinha elétrica por meio do acesso à rede existente e do fornecimento de eletrodomésticos eficientes (com um custo inicial mais alto, mas com potencial para de gerar economia no longo prazo). Isso poderia acelerar o cronograma para atingir 100% de acesso à cozinha limpa e oferecer uma forma de energia confiável, com menor emissão de carbono para o preparo de alimentos. Também permitiria simplificar a gestão de programas separados, criando uma "janela única" para famílias necessitadas.

Como a cozinha elétrica ainda não é muito difundida no Brasil, pode ser necessário superar a desconfiança e a falta de familiaridade. Para isso, o governo poderia implementar programas piloto, buscando o feedback da comunidade e incentivando a adoção da nova tecnologia. Os participantes desses projetos poderiam, em última instância, ajudar a promover a nova abordagem, compartilhando suas experiências com outras famílias. Essa fase piloto também daria tempo para que os fabricantes aumentassem a produção de eletrodomésticos para atender à demanda crescente.

Alguns analistas preveem que o programa Gás para Todos poderá aumentar a demanda nacional de GLP em [até 4%](#). Em 2023, o GLP representou 3,1% da oferta

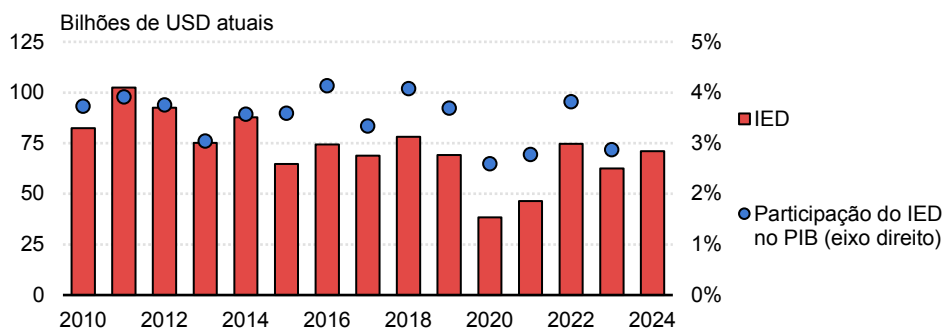
total de energia (TES) do Brasil, dominado pelo setor residencial (78%, principalmente para cocção). O desenho do programa e eventuais aquisições de GLP precisarão ser cuidadosamente gerenciados para evitar distorções e, de preferência, promover a concorrência. Isso também aumenta a importância das ações da ANP para garantir que o crescimento da demanda por combustível seja levado em consideração nas previsões gerais de oferta de energia. Além disso, em conjunto com o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), é essencial garantir que o mercado de suprimento e distribuição funcione de forma eficiente para que o governo brasileiro obtenha um bom custo-benefício deste programa.

## Investimento e financiamento

O Brasil tem sido eficaz na atração de capital privado internacional, além de desenvolver um ecossistema financeiro nacional dinâmico, especialmente no setor de energia. A contínua atratividade do Brasil para investimentos é motivada pela abundância de recursos naturais e setores como agricultura e mineração. Em 2024, o ambiente de investimentos do Brasil continuou a ser moldado pelos desafios econômicos globais e mudanças na política interna, como a reforma tributária e a reforma do sistema financeiro, para proporcionar um ambiente de negócios mais propício. O país segue como o maior receptor de IED na América do Sul.

No entanto, ainda há desafios, como o ambiente de negócios, em que o Brasil ocupava a 124ª posição entre 190 países no [ranking do relatório \*Doing Business\* do Banco Mundial](#) no relatório de 2020, além dos altos custos de conformidade que afastam potenciais investidores. O Brasil tem um sistema tributário complexo, embora tenha passado por uma reforma em 2024 para torná-lo mais simples e transparente. Além disso, a volatilidade política e econômica têm sido fatores significativos que afetam o ambiente de investimentos do Brasil. A inflação e a volatilidade das taxas de juros representam riscos, com a taxa básica de juros (Selic) chegando a 10,8% em outubro de 2024 para combater as pressões inflacionárias ([Agência Brasil](#)).

## Entradas líquidas de investimento estrangeiro direto no Brasil, 2010-2024



AIE. CC BY 4.0.

Observação: A participação do IED no PIB não está disponível para 2024.

Fontes: Análise da AIE baseada em Banco Mundial (2025), [Investimento estrangeiro direto, entradas líquidas \(BoP, US\\$ atual\) – Brasil](#) (acessado em abril de 2025); Banco Mundial (2025), [Investimento estrangeiro direto, entradas líquidas \(% do PIB\) – Brasil](#) (acesso em abril de 2025).

## Necessidades de investimento

O investimento em infraestrutura no Brasil permaneceu baixo nas últimas décadas, resultando em lacunas substanciais em todos os setores. Para resolver essas deficiências, é essencial não apenas aumentar o investimento público, mas também melhorar sua eficácia. Além disso, mobilizar mais recursos privados será fundamental. Fortalecer o planejamento estratégico e garantir que ele seja consistentemente refletido em alocações orçamentárias de longo prazo melhorariam a qualidade geral dos projetos de infraestrutura. Incentivar uma maior participação estrangeira em compras públicas pode aumentar a concorrência e gerar mais valor para os fundos públicos. Ao mesmo tempo, aprimorar a governança das empresas estatais contribuiria para a prestação de serviços de infraestrutura de maior qualidade. Reduzir riscos políticos e judiciais ajudaria a atrair mais financiamento privado para infraestrutura, especialmente para investimentos de longo prazo, ao mesmo tempo em que garantiria um equilíbrio mais adequado no compartilhamento de riscos entre entidades públicas e privadas.

Apesar disso, o governo implementou importantes políticas energéticas e industriais, como a Política de Transição Energética, o Marco Legal do Hidrogênio, a Lei do Combustível do Futuro, a Política da Nova Indústria Brasil e o Plano de

**Transformação Ecológica.** Na transição energética do Brasil, novas políticas industriais e metas de desenvolvimento de infraestrutura exigirão investimentos substanciais nas próximas décadas. Estima-se que apenas o setor energético precisará de um aumento significativo no financiamento público e privado para cumprir os compromissos climáticos do Brasil no Acordo de Paris. Isso inclui investimentos em projetos de energia renovável, infraestrutura de rede e programas de eficiência energética. O BNDES está atualmente desenvolvendo uma plataforma de investimentos para otimizar a alocação de capital para projetos alinhados às políticas de transição energética.

## Financiamento doméstico

Os mercados financeiros domésticos do Brasil estão se tornando cada vez mais sofisticados, com crescimento notável em regulamentações ambientais, sociais e de governança e produtos financeiros sustentáveis. Os fundos de pensão e bancos comerciais do país estão expandindo seu envolvimento em investimentos verdes, com ativos de pensão crescendo de forma constante desde 2020. O Brasil introduziu novas estruturas destinadas a aumentar as alocações de fundos de pensão para projetos de infraestrutura, incluindo o aumento dos tetos de investimento para classes de ativos alternativas.

O BNDES é a principal instituição financeira de fomento a investimentos em diversos setores econômicos no Brasil. O banco desempenha um papel essencial na promoção de financiamento de longo prazo e opções de participação acionária para empresas de grande e pequeno porte, bem como para indivíduos e agências públicas. Essa abordagem inclusiva amplia o acesso ao crédito e contribui para o avanço economia, estimulando a criação de emprego e renda. Ao apoiar projetos alinhados às metas de desenvolvimento econômico e social do Brasil, o BNDES desempenha um papel fundamental na formação do cenário financeiro do país.

Com o tempo, o BNDES adaptou sua estratégia, principalmente no setor de energia renovável. Inicialmente, foi uma figura central no financiamento de projetos de energia solar e eólica por meio de dívida de baixo custo e longo prazo. Entretanto, à medida que a indústria amadureceu e os bancos comerciais ganharam mais experiência no financiamento desses projetos, o papel do BNDES mudou. Em 2017, o banco introduziu uma estratégia para alinhar gradualmente seu financiamento concessional com taxas baseadas no mercado. Essa transição coincidiu com a crescente popularidade dos mercados de capitais, especialmente títulos, como meio de financiar projetos de energia renovável. Como resultado, o

BNDES passou a ter um papel mais catalisador, estimulando o investimento privado em vez de financiar projetos diretamente.

## Financiamento verde

O setor de finanças verdes do Brasil cresceu significativamente devido a incentivos fiscais e desenvolvimentos regulatórios, como a emissão do primeiro título verde em 2015 e o estabelecimento das Diretrizes de Títulos Verdes em 2016. A promoção de debêntures de infraestrutura isentas de impostos e de ferramentas financeiras inovadoras - como a linha BNDES Energia Renovável, o Fundo Clima e o Green FIDC - tem apoiado projetos de energia renovável e sustentabilidade, tornando o capital mais acessível e flexível para os investidores.

Além disso, o Brasil está trabalhando na criação de uma taxonomia nacional sobre finanças sustentáveis para fornecer uma estrutura unificada para categorizar atividades econômicas sustentáveis. O BNDES continua sendo um ator central na promoção de finanças sustentáveis por meio de iniciativas como o Fundo Clima, que apoia diversos projetos que vão da transição energética ao desenvolvimento urbano, e o RenovaBio, que aumenta a eficiência do setor de biocombustíveis. Esses esforços estão alinhados com as metas ambientais mais amplas do Brasil, posicionando o BNDES como um catalisador fundamental para o desenvolvimento sustentável.

## Financiamento proveniente das receitas do mercado de carbono

Embora a Lei 15.042/2024, que institui o SBCE, estabeleça as bases para o mercado regulado de carbono no Brasil, a destinação específica das receitas geradas por esse sistema ainda não foi definida em detalhes. A lei estipula que parte dos recursos deve ser destinada a atividades de produção sustentável, proteção social, valorização cultural e gestão territorial e ambiental, especialmente em áreas indígenas e comunidades tradicionais, de acordo com as políticas nacionais pertinentes. Regulamentações específicas sobre a destinação e utilização dessas receitas estão pendentes e deverão ser estabelecidas por meio de decretos ou futuros atos normativos durante o processo de regulamentação da Lei.

## Financiamento do setor de óleo e gás

A Cláusula de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação na indústria de óleo e gás do Brasil determina que concessionárias e titulares de contratos de partilha de produção destinem parte de sua receita à inovação e ao avanço tecnológico. Este investimento, regulamentado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, garante um fluxo contínuo de financiamento para iniciativas de pesquisa, desenvolvimento de infraestrutura e treinamento de força de trabalho. Ao vincular as contribuições financeiras obrigatórias à receita bruta de produção, a cláusula fomenta parcerias de pesquisa entre empresas do setor, universidades e empresas de base tecnológica, aprimorando a capacidade científica e industrial do Brasil. Esses investimentos não apenas fortalecem o setor energético do país, mas também desempenham um papel crucial no aumento da competitividade da indústria e no impulso de avanços tecnológicos, particularmente em tecnologias de baixo carbono e eficiência operacional. Entretanto, não há obrigação de direcionar esses recursos para projetos de infraestrutura de baixo carbono ou usá-los como um mecanismo para reduzir o custo de capital para tais investimentos.

## Recomendações

### 6. Avançar no processo de estabelecimento de um instrumento de precificação de carbono para orientar investimentos, utilizando as receitas para mitigar impactos adversos sobre grupos de baixa renda e preservar a competitividade

O Brasil deu um passo altamente ambicioso no combate às mudanças climáticas com o SBCE. A abordagem orientada pelo mercado apoiará a adoção de medidas de redução de emissões por grandes emissores industriais ao longo do tempo. Paralelamente, o mercado voluntário emite créditos de carbono, fornecendo receitas extras para projetos de mitigação e adaptação. O próximo passo será avançar na implementação e consolidação do instrumento de precificação de carbono. O trabalho está bem encaminhado nesse sentido e deve ser apoiado nos próximos anos para garantir um lançamento bem-sucedido e oportuno do projeto piloto, conforme planejado para 2030. Como parte desse esforço, o Brasil deve garantir que seu sistema de precificação de carbono seja compatível com as normas de outros sistemas de comércio de emissões (ETS) por meio de parcerias internacionais nessa

área. Também permitirá que o Brasil se conecte com outros ETS, tanto regionalmente (por exemplo, Chile) quanto internacionalmente (por exemplo, União Europeia). Manter a porta aberta para a vinculação com outros ETS pode proteger a indústria brasileira do vazamento de carbono e minimizar sua exposição a mecanismos de ajuste de fronteira de carbono aplicados por outros países. Isso também seria útil para a cooperação do Artigo 6 do Acordo de Paris, que poderia ser promovida durante a Presidência do Brasil na COP30. A implementação de um ETS pode gerar receitas importantes para o governo, mas também pode afetar negativamente as famílias de baixa renda. Para evitar efeitos distributivos indesejados, é fundamental que a implementação da precificação de carbono seja acompanhada de estudos aprofundados sobre os efeitos dos preços da energia nas famílias. Esses estudos devem ser combinados com a criação de programas de mitigação, por meio de descontos ou políticas de tarifas sociais existentes. O governo deveria considerar destinar algumas receitas do ETS para minimizar esses efeitos. Da mesma forma, a precificação do carbono também pode estimular a redução de emissões em outros setores.

## 7. Estabelecer um fundo nacional de investimento para direcionar uma parcela fixa das receitas públicas oriundas do petróleo para financiar a transição energética, incluindo planos para avançar nas cadeias de valor de novas indústrias

O governo brasileiro reconhece as enormes oportunidades econômicas que a transição energética pode trazer para o país, desde o desenvolvimento de novas indústrias até a expansão do acesso à energia e a melhoria dos padrões de vida. No entanto, serão necessários investimentos consideráveis de capital público e privado para concretizar os benefícios. Para esse fim, o governo tem um recurso importante na forma de receitas consideráveis do setor de óleo e gás. Embora as receitas do petróleo sejam uma fonte essencial de financiamento para o orçamento federal e para programas sociais (o Fundo Social), o governo também deve considerar a criação de um fundo nacional de investimento que transfira diretamente uma parcela fixa dos impostos sobre óleo e gás ou das receitas de partilha de produção para financiar a transição energética. Esse valor deve ser substancial o suficiente para apoiar a transição, mas também equilibrado, de forma a não comprometer outras despesas públicas essenciais. Essas receitas podem financiar investimentos que ajudem o Brasil a avançar na cadeia de valor em novos setores nos quais tem

vantagens competitivas, como fertilizantes verdes, aço verde e minerais críticos. Esses investimentos devem priorizar o desenvolvimento de infraestrutura, reduzindo os custos de capital e oferecendo linhas de crédito verde com taxas de juros reduzidas. Vários outros países exportadores de óleo e gás estão implementando essa estratégia com sucesso, incluindo a Arábia Saudita e os Emirados Árabes Unidos. Portanto, enquanto o Brasil se prepara para embarcar em uma ambiciosa transição energética com base em estratégias e planos recentes, é um bom momento para o governo reconsiderar a criação de tal fundo. Isso também reforçaria a narrativa de uma abordagem equilibrada, que reconhece o papel do setor petrolífero para o crescimento econômico, ao mesmo tempo em que promove a transição energética e contribui para reduzir gradualmente a dependência do país das exportações de petróleo.

# Setores de uso final

Esta seção fornece uma visão geral dos principais impulsionadores do consumo de energia e das emissões de CO<sub>2</sub> nos setores de uso final (indústria, transporte e edifícios), bem como as perspectivas atuais e orientações políticas para transições setoriais de energia renovável. A melhoria da eficiência energética é um dos principais vetores da descarbonização. Entretanto, outras orientações importantes — incluindo a substituição de combustível e incentivos de adoção relacionados, bem como a fabricação nacional de tecnologias de energia renovável — também são detalhadas.

Em 2022, o consumo total de energia no Brasil foi de 9,6 exajoules (EJ), ligeiramente acima dos 8,9 EJ em 2019. O setor industrial é responsável pela maior parcela da demanda energética (42%), seguido pelo setor de transportes (39%) e edifícios (19%). O setor de transportes é o maior emissor, respondendo por 54% das emissões nacionais.

O PDE atual projeta uma redução no consumo nacional de energia de 7% até 2034. A meta é particularmente ambiciosa para os padrões brasileiros, já que a redução prevista é igual ao consumo anual de energia de grandes indústrias como aço e cimento. O Brasil conta com diversas [políticas de eficiência energética](#) aplicáveis a todos os setores, incluindo padrões mínimos de desempenho energético (MEPS) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Ambos os instrumentos são fundamentais para melhorar o desempenho energético, principalmente no setor de edifícios (veja a subseção dedicada abaixo).

Incentivos financeiros para agentes econômicos (incluindo empresas de eletricidade e outros titulares de projetos) e famílias também estão disponíveis por meio do

Programa de Eficiência Energética, que financia melhorias na eficiência energética do setor residencial e projetos que fomentam o desenvolvimento e a adoção de tecnologias de eficiência energética. Além disso, o antigo PROCEL financia projetos estratégicos de eficiência energética, bem como programas de treinamento, instalação e atualização de equipamentos e iniciativas de gerenciamento da demanda de eletricidade nos setores de edifícios e indústria. Ambos os programas são financiados por distribuidoras de eletricidade, que são obrigadas a dedicar uma porcentagem de sua receita operacional líquida anual a projetos de eficiência energética.

Nos últimos 25 anos, o Fundo CT-Energia financiou especificamente programas e projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor energético, com o objetivo de aproximar a P&D corporativa de soluções de eficiência energética e inovação e, em última instância, fortalecer a competitividade nacional.

Além das políticas de eficiência energética, a política Nova Indústria Brasil busca reforçar ou estabelecer cadeias de valor industriais nacionais, com foco em tecnologias de energia renovável. Desenvolvido em colaboração com o setor privado, a Nova Indústria Brasil apresenta uma estrutura abrangente para modernizar a base industrial do Brasil, ao mesmo tempo em que promove a sustentabilidade e o crescimento econômico de baixo carbono.

Cerca de R\$ 300 bilhões (US\$ 50 bilhões) foram disponibilizados até 2026 para melhorar a eficiência energética industrial e apoiar a fabricação nacional de tecnologias de energia de baixo carbono.

A política é estruturada em torno de seis missões principais, com foco em eficiência e redução de emissões. As principais iniciativas incluem:

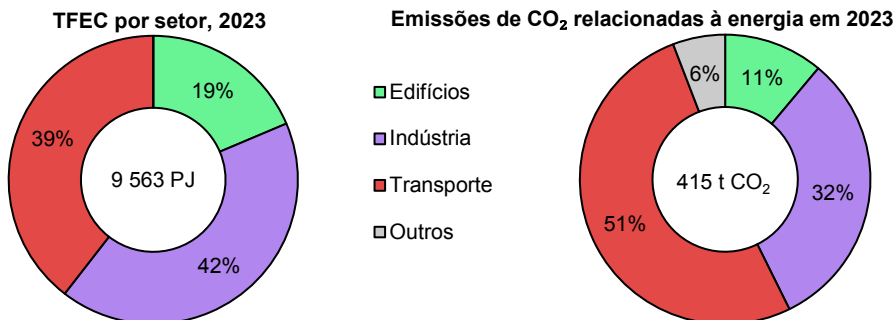
- **Infraestrutura Sustentável, Saneamento, Habitação e Mobilidade:** Esta missão visa modernizar as cadeias de valor produtivas, reduzir os tempos de deslocamento urbano e impulsionar a produção nacional de componentes para sistemas de transporte público sustentáveis.
- **Transformação Digital da Indústria:** Essa política visa a digitalização de 90% das indústrias brasileiras, além de triplicar a produção nacional de tecnologias inovadoras. As prioridades estratégicas incluem o desenvolvimento de capacidades da Indústria 4.0 e a expansão da fabricação de semicondutores.
- **Bioeconomia, Descarbonização e Transição Energética:** Os esforços nessa área incluem uma redução de 30% nas emissões industriais de carbono, um papel

expandido para biocombustíveis na matriz energética do Brasil e iniciativas para alavancar de forma sustentável a rica biodiversidade do país.

Além dessas missões, a política enfatiza:

- incentivos fiscais: fornecer alívio financeiro para estimular a inovação e a competitividade industrial
- aquisições governamentais: alavancar a demanda do setor público para impulsionar a produção e a inovação nacionais
- investimentos estratégicos: priorizando setores como a bioeconomia, a descarbonização e a energia renovável
- instrumentos financeiros modernos: incentivando o uso dos mercados de capitais e outras ferramentas financeiras para apoiar o crescimento industrial.

### Consumo final de energia e emissões relacionadas à energia por setor no Brasil, 2023



AIE. CC BY 4.0.

Observação: TFEC = consumo final total de energia. As emissões de edifícios, indústrias e transportes incluem aquelas provenientes da geração de eletricidade e calor utilizadas nesses setores.

Fonte: AIE (2025), [Balanços Energéticos Globais](#).

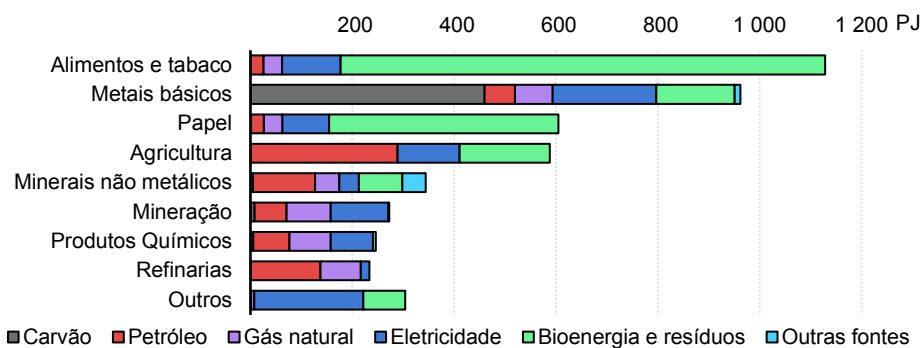
# Indústria

## Consumo de energia e emissões

O setor industrial representa quase 40% do consumo final de eletricidade do Brasil. A maior parte do consumo de energia do setor vem das indústrias de alimentos, tabaco e metais básicos. O subsetor de metais básicos é o único em que o consumo de carvão permanece significativo, respondendo por quase metade do uso de energia.

O consumo de energia no setor industrial cresceu cerca de 20% desde 2010, com quedas temporárias registradas durante a recessão de 2015-16 e a crise econômica relacionada à Covid-19. As emissões totais de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia no setor industrial atingiram 127 Mt CO<sub>2</sub> em 2023, uma redução de quase 20% em uma década.

### Consumo de energia na indústria por subsetor no Brasil, 2023



AIE. CC BY 4.0.

Observação: PJ = petajoule.

Fonte: AIE (2025), [Indicadores de eficiência e uso final de energia](#).

Apesar do elevado consumo energético, as indústrias brasileiras se destacam pelo uso de bioenergia, que representou 48% do consumo de energia do setor em 2023. Em alguns setores, o uso de bioenergia é muito maior, por exemplo, até 84% nos subsetores de alimentos e tabaco e 74% no subsetor da indústria de papel.

No setor de aço, o uso de recursos de biomassa como carvão vegetal reduz significativamente a pegada de carbono em comparação aos altos-fornos tradicionais a carvão amplamente utilizados globalmente. Os biocombustíveis sólidos primários representam, em geral, 88% da bioenergia na indústria, seguidos pelo carvão vegetal, com 8%. Os dois biocombustíveis sólidos mais importantes na indústria são a lenha (41%) e o bagaço (33%). O setor de alimentos e tabaco depende quase exclusivamente do bagaço, com uma participação total de 86% em bioenergia.

A geração de energia nacional do Brasil, oriunda majoritariamente de energia hidrelétrica e outras fontes de baixo carbono, oferece mais oportunidades de eficiência energética e redução de emissões por meio da eletrificação de processos industriais.

## Políticas

Várias políticas foram introduzidas no setor industrial desde 2020 com o objetivo de aumentar a produtividade energética industrial. Em 2016, foi lançado o Programa [Brasil Mais Produtivo](#) para aumentar a produtividade industrial das pequenas e médias empresas (PMEs), com foco na eficiência. O Programa, reestruturado em 2023, envolve suporte técnico, acesso a treinamento gratuito e identificação de oportunidades de economia de energia, além de medidas para promover a digitalização do uso de energia.

Em 2020, foi implementado um projeto piloto para testar a metodologia de redes de aprendizagem em eficiência energética no setor industrial. Batizada de RedEE Indústrias, a iniciativa forneceu suporte técnico para promover a capacitação de profissionais da indústria e a adoção de tecnologias eficientes e sistemas de gestão de energia. Com base nessa e em outras experiências setoriais, está sendo desenvolvida uma proposta para a criação de uma rede nacional de aprendizagem. Em 2021, o [Programa de Investimento Transformador para Eficiência Energética Industrial](#) (PotencializEE) foi introduzido como uma parceria entre o MME e a GIZ da Alemanha, financiado pelo Fundo de Ação de Mitigação. O PotencializEE tem como objetivo promover a eficiência energética na indústria, fornecendo suporte financeiro e técnico para identificar oportunidades de melhorias em instalações industriais por meio de investimentos em tecnologias mais eficientes e ações de conservação de energia. Além disso, o Programa busca implementar mecanismos financeiros inovadores para apoiar a implementação de projetos de eficiência energética.

Os sistemas de motores industriais elétricos, que respondem por uma parcela significativa do uso de eletricidade industrial, também estão sujeitos a uma série de políticas de eficiência no Brasil. Os motores elétricos trifásicos (<250 volts) fabricados ou vendidos no Brasil estão sujeitos ao Programa Brasileiro de Etiquetagem desde o início do Programa em 1984, bem como ao MEPS (para motores de até 500 cavalos de potência) desde 2001. Em 2002, o Brasil estabeleceu seu primeiro MEPS para motores industriais, classe de eficiência IR1, semelhante ao IE1. Em 2017, o governo promulgou uma nova diretiva estabelecendo a classe de eficiência IR3 (IE3) e [incluiu motores reparados comercializados](#) que entraram em vigor em 2019.

Mais recentemente, o Plano de Ação para Reindustrialização 2024-2026 (Nova Indústria Brasil) passou a priorizar o fortalecimento das cadeias de valor industriais nacionais, com forte foco em tecnologias de energia renovável. O Plano visa aumentar ainda mais o uso de bioenergia no setor industrial, reduzindo a intensidade de emissões do setor industrial em 30%; transformando digitalmente 90% das empresas industriais brasileiras; e triplicando a produção nacional de “novos segmentos de tecnologia”, que destacam tecnologias de energia renovável, CCUS, biodiesel, hidrogênio de baixas emissões, semicondutores e tecnologias de armazenamento.

A substituição de combustível oferece oportunidades adicionais de descarbonização. O Programa Nacional de Hidrogênio 2023-2025 do Brasil, que visa aumentar a produção de hidrogênio de baixas emissões do país e estabelecer hubs de hidrogênio de baixas emissões até 2035, também busca atender setores industriais difíceis de reduzir, como o aço, no qual o Brasil ocupa o nono lugar como o maior produtor do mundo. Em 2024, a lei estabeleceu o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixo Carbono do Brasil e definiu incentivos fiscais para compradores de hidrogênio de baixas emissões de 2028 a 2032.

## Recomendações

**8. Implementar auditorias energéticas obrigatórias para empresas com consumo de energia acima de um determinado nível, a fim de apoiar a adoção de**

## medidas de eficiência energética e sistemas de gestão de energia

A indústria é responsável pela maior fatia (42%) da demanda de energia no Brasil e por 40% do consumo de eletricidade no Brasil. No entanto, o consumo de energia no setor industrial permaneceu estável desde 2010, sugerindo que há espaço para melhorar a eficiência energética. Embora várias medidas possam contribuir para a eficiência energética (Brasil Mais Produtivo, RedEE Indústrias e PotencializEE), melhores resultados poderiam ser alcançados com uma ênfase mais forte no princípio da eficiência energética em primeiro lugar para a descarbonização industrial. Nesse sentido, uma opção que o Brasil pode considerar são auditorias energéticas periódicas e obrigatórias para grandes indústrias com uso intensivo de energia acima de um certo nível de consumo anual de energia (conforme definido pelo governo, segundo o qual as empresas podem realizar essas etapas de forma realista e fácil), com base em padrões internacionais relevantes (por exemplo, ISO 50002). O acompanhamento da auditoria deve resultar em um plano de ação, identificando medidas para implementação e indicadores-chave de desempenho, incluindo, se viável, os benefícios não energéticos desencadeados pela implementação das medidas recomendadas, visando à melhoria contínua. O governo também poderia considerar a opção de implementar auditorias energéticas voluntárias abaixo do limite obrigatório, especialmente porque as auditorias obrigatórias começam a mostrar resultados em termos de economia de energia e custos.

Em muitos casos, medidas de eficiência com retorno rápido têm seus custos iniciais compensados em pouco tempo, resultando em benefícios financeiros gerais para as empresas. Ainda assim, o financiamento de medidas de eficiência energética, especialmente por PMEs, pode apresentar desafios. Embora o Brasil tenha feito grandes progressos na mobilização de investimentos em energia renovável e expansão da rede, houve menos progresso em eficiência energética, onde ainda há lacunas consideráveis de investimento. Para ajudar a diminuir essa lacuna, o Brasil poderia considerar o apoio a investimentos em eficiência energética em PMEs, explorando o desenvolvimento de mecanismos de repasse de recursos que possam canalizar fundos públicos internacionais (financiamento concessional, se disponível) para bancos locais, a fim de dar suporte a famílias de baixa e média baixa renda e PMEs para investir em soluções de eficiência energética. Além disso, o BNDES poderia expandir a abrangência da Plataforma Brasil de Investimentos Climáticos e Transformação Ecológica (BIP) reduzindo os requisitos mínimos de tamanho de investimento para financiar investimentos em eficiência energética em PMEs. Há o

risco de que investimentos sejam direcionados, de forma desproporcional, às grandes empresas, que já têm fácil acesso ao capital. Da mesma forma, os investimentos do BIP para projetos menores e descentralizados também poderiam ser explorados por meio da possível agregação de projetos em uma escala que pode ser comercializada por meio do BIP. Isso pode trazer benefícios consideráveis de desenvolvimento econômico e social para as comunidades locais.

## 9. Promover uma abordagem mais ambiciosa para padrões mínimos de desempenho energético para produtos com um alto impacto no consumo energético industrial e relevantes para a transição energética

Os padrões mínimos de desempenho energético são um fator essencial para permitir a eficiência energética em equipamentos relacionados à energia, em especial para produtos industriais como motores, compressores, transformadores de distribuição, bombas e caldeiras. Por exemplo, os motores são responsáveis por uma parcela significativa do uso industrial de eletricidade. Como os motores elétricos têm uma vida útil muito longa, sua taxa de substituição é muito lenta, e a falta de ambição pode resultar em situações de bloqueio, com economias de energia inexploradas que duram décadas. Nesse contexto, o Brasil poderia adotar uma abordagem gradual, combinando um aumento progressivo de MEPS para motores IE4, em conjunto com incentivos fiscais e/ou financeiros, juntamente com outras medidas e programas existentes que podem facilitar a adoção, como resultados de auditorias de energia mostrando os benefícios potenciais de motores mais eficientes.

# Transporte

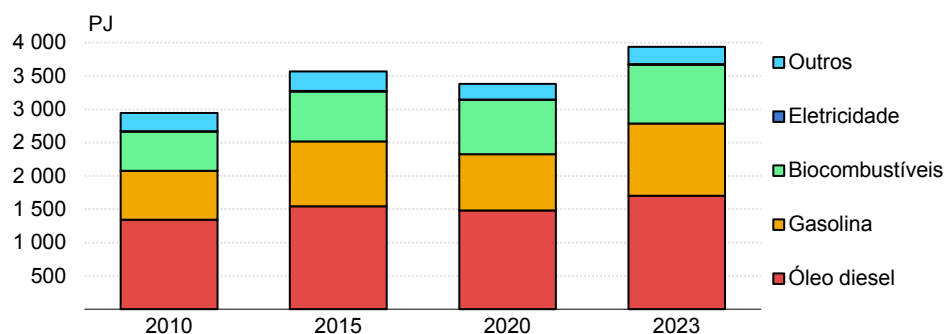
## Consumo de energia e emissões

O setor de transportes é o segundo maior consumidor de energia no Brasil, respondendo por 39% do consumo final, igualmente dividido entre transporte de passageiros e de cargas. Em 2023, foi responsável por 51% das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia, principalmente devido ao transporte rodoviário, que respondeu por 94% dessas emissões. O petróleo respondeu por 75% do consumo de energia do setor. No entanto, os biocombustíveis são amplamente utilizados e

representam mais de um quinto do uso de energia no transporte, uma parcela que permanece constante desde 2010.

Entre 2010 e 2023, a frota de veículos leves e automóveis de passeio cresceu 50%, elevando o consumo de energia em 34% e as emissões de CO<sub>2</sub> em 33%.

## Consumo de energia do setor de transportes no Brasil, 2010-2023



AIE. CC BY 4.0.

Observação: A eletricidade não é visível nesta escala e representou 0,2% do consumo em 2023.

Fonte: AIE (2025), [Balanços Energéticos Globais](#).

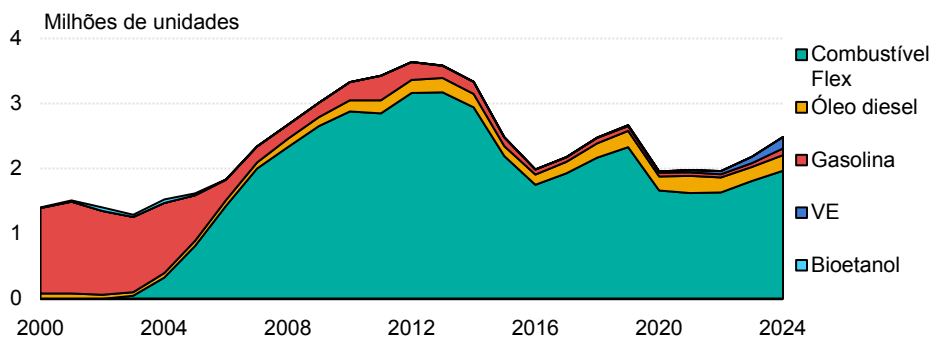
Em 2024, o Brasil tinha uma frota de 45 milhões de veículos — de longe o maior número de qualquer país da América do Sul. Em 2024, 61% dos quilômetros percorridos por passageiros foram em veículos rodoviários leves, com mais 31% em transporte público rodoviário. Cerca de 85% da frota de automóveis do Brasil é composta por veículos *flex-fuel*, o que dá aos consumidores de combustível a opção de alternar entre gasolina e etanol. Isso permite que quase toda a frota de veículos leves use etanol puro e o restante use E27 (27% de etanol anidro misturado à gasolina), um contexto único que apresenta caminhos de descarbonização mais diferenciados do que em outras jurisdições.

## Interação entre biocombustíveis e veículos elétricos

A posição única do Brasil como líder global na produção e uso de biocombustíveis, particularmente etanol, apresenta compensações e complementaridades interessantes entre veículos elétricos (VEs) e veículos movidos a etanol como caminhos para a mobilidade sustentável. Embora os VEs ofereçam um caminho

promissor para a descarbonização e ganhos em eficiência, a infraestrutura bem estabelecida do etanol e sua baixa pegada de carbono criam um forte argumento para seu uso contínuo. Além disso, o transporte de carga, dominado pela logística rodoviária, apresenta desafios e oportunidades específicos para redução de emissões e melhorias de eficiência.

## Registros de carros e veículos leves no Brasil, 2000-2024



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: Análise da AIE baseada na Anfavea (2024), [Indústria automobilística Brasileira](#) (acessado junho 2025).

Em 2023, o transporte elétrico ainda tinha participação marginal no Brasil. A penetração de VEs é inferior a 0,5% da frota total de veículos, enquanto o Brasil continua sendo líder global na produção e uso de carros *flex-fuel* (79% das vendas de veículos leves em 2024 foram modelos desse tipo), incluindo híbridos plug-in *flex-fuel* equipados com sistemas de biocombustível e bateria. Os veículos híbridos parecem uma excelente solução para o Brasil, pois combinam o potencial do etanol com sua matriz de eletricidade de baixo carbono. No entanto, as vendas de carros elétricos tiveram um aumento significativo em 2023, seguindo uma tendência mundial, tornando o Brasil um dos principais mercados globais em termos de crescimento anual. As vendas nacionais de VE atingiram cerca de 7% das vendas totais em 2024, ante apenas 0,4% em 2019. Incentivos políticos que apoiam a produção nacional de VEs – como o Mover (veja abaixo) – estão atraindo cada vez mais IED, principalmente de fabricantes chineses.

## Políticas

### Substituição de combustível

O Programa Combustível Brasil tem como objetivo garantir o fornecimento de combustíveis, biocombustíveis e outros derivados de petróleo por meio de ações e medidas estratégicas. O Brasil fez avanços significativos no desenvolvimento e uso de etanol e biodiesel e, no processo, acumulou experiência significativa com políticas públicas para o desenvolvimento de novos mercados. O sucesso dos biocombustíveis no Brasil se deve principalmente às políticas de mistura obrigatória, que impulsionaram a demanda por etanol e biodiesel e reduziram a dependência de combustíveis fósseis. O Programa Nacional do Álcool (Proálcool), lançado em 1975, introduziu a mistura obrigatória de etanol à gasolina, começando com uma matriz de 15 a 20% e evoluindo para porcentagens maiores ao longo do tempo. O Proálcool também contemplou o desenvolvimento de veículos movidos exclusivamente a etanol hidratado. Esses veículos dominaram as vendas em meados da década de 1980 e o consumo de etanol hidratado ultrapassou o consumo de gasolina (com uma mistura de 20% de etanol anidro) no final daquela década. A frota de veículos movidos a etanol cresceu mais rápido que a produção de etanol, o que levou à escassez de oferta e a maiores custos de manutenção da política de subsídios. Como resultado, essa tecnologia foi abandonada na década de 1990.

Da mesma forma, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), criado em 2005, determinou aumentos incrementais na mistura de biodiesel. Essas políticas criaram um mercado estável para biocombustíveis, incentivando o investimento em capacidade de produção e cadeias de fornecimento. Atualmente, as decisões relativas às porcentagens de mistura são revisadas periodicamente pelo CNPE, que considera a segurança energética, os benefícios ambientais e os impactos econômicos ao definir mandatos.

A introdução de veículos *flex-fuel* em 2003 proporcionou um novo e significativo impulso à demanda por etanol. Apoiados por incentivos fiscais, os veículos *flex-fuel* permitiram que os veículos funcionassem com qualquer mistura de etanol e gasolina, dando flexibilidade aos consumidores e revitalizando o mercado de etanol, que enfrentava uma crise. Essa tecnologia permite que os consumidores escolham entre etanol e gasolina de forma intercambiável. O etanol possui cerca de 67% do poder calorífico da gasolina. Quando misturado à gasolina (como no caso do etanol anidro), melhora a combustão, mas reduz o conteúdo energético do combustível final. Nesse

contexto, o etanol corresponde a cerca de 70% do conteúdo energético da gasolina E22 e a 72% da gasolina E27. Como a gasolina E22 é o combustível de referência para certificações de veículos, convencionou-se dizer que se o etanol custar até 70% do preço da gasolina, seu uso é mais competitivo em termos de custo para o consumidor. Essa inovação tecnológica complementou as políticas de mistura obrigatória, consolidando o papel do etanol na matriz energética do Brasil. Juntas, essas medidas posicionaram o país como líder global em biocombustíveis, combinando segurança energética com benefícios econômicos e ambientais. Assim, entre 2000 e 2022, o consumo específico (toneladas de petróleo equivalente por quilômetro rodado) da frota de automóveis brasileira caiu 5%.

Essas iniciativas estão alinhadas aos compromissos recentes do Brasil com a descarbonização, como a NDC e a Política RenovaBio. A Lei do Combustível do Futuro tem como meta aumentar a taxa de mistura de etanol para uma faixa entre 22% e 35%, e a taxa de mistura de biodiesel para uma faixa de 13% a 25% até 2030. O objetivo também é diminuir as emissões dos operadores de aeronaves em voos domésticos em 1%, aumentando a cada ano e fazendo com que a SAF atinja 10% da meta de redução de emissões do setor até 2037.

Além disso, o Plano Nacional do Hidrogênio busca analisar e adaptar leis e regulamentações existentes para facilitar a adoção do hidrogênio como um importante vetor de energia e combustível.

## **Padrões de economia de combustível e eletrificação da frota**

O Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Mover), criado em 2023, busca impulsionar a fabricação e a venda nacionais de VEs e outras opções de baixo carbono por meio de incentivos fiscais e um Fundo Nacional para o Desenvolvimento Industrial dedicado à produção nacional de VEs, bem como à produção de soluções logísticas. Em 2024, as autoridades brasileiras restauraram e posteriormente aumentaram os impostos de importação de VEs para incentivar a produção nacional.

O Mover foi introduzido após a eliminação gradual do programa Rota 2030 (2018-22) e do seu antecessor Inovar Auto (2013-17). O Rota 2030 estabeleceu uma meta de vendas de VEs (30% das vendas de carros novos até 2030) e foi o primeiro programa a exigir a etiquetagem de todos os veículos leves e pesados novos usando o Sistema Nacional de Etiquetagem de Veículos, bem como um padrão de economia de

combustível imposto aos fabricantes para aumentar a economia de combustível da frota de veículos novos em 11% até 2022. A etiquetagem obrigatória continua em vigor hoje, embora a Mover não tenha restabelecido novos padrões específicos de economia de combustível. Os investimentos anuais associados ao programa Mover devem ficar entre R\$ 300 milhões e R\$ 500 milhões por ano. No Rota 2030, o investimento médio foi de R\$ 200 milhões anuais.

Além do transporte por estrada de passageiros e de carga, o Brasil introduziu uma série de programas para melhorar a utilização do transporte público e de outros meios de transporte. Entre elas está o Plano Ferroviário Nacional de 2023, que visa duplicar a participação modal do transporte ferroviário; o Programa de Mobilidade Urbana 2024, que fornece suporte para sistemas de transporte público urbano e melhoria da mobilidade urbana; BR do Mar, programa do governo de 2022 para promover a navegação de cabotagem; e o Pro Trilhos, um programa do governo para modernizar a infraestrutura ferroviária do país.

## Recomendações

### 10. Aproveitar o potencial da indústria nacional e expandir o papel dos veículos híbridos flex-fuel e elétricos no setor de transportes

Apesar da elevada penetração de biocombustíveis na matriz de combustíveis para transporte por estrada do Brasil, o consumo de combustíveis fósseis e as emissões do setor permanecem relativamente altos em comparação a outros setores. A expansão dos biocombustíveis fez com que o Brasil se posicionasse como líder global em produção, e o setor continuará sendo um pilar da transição energética do país, com perspectiva de expansão especialmente em segmentos pesados e outros meios de transporte, que são mais difíceis de descarbonizar com a eletrificação. Por outro lado, a penetração dos EVs tem sido mais fraca. No entanto, o crescimento projetado do consumo de energia no setor de transportes, combinado com os objetivos de descarbonização, significa que o Brasil também deve aumentar o foco na expansão do papel dos VEs em direção a uma trajetória de emissões líquidas zero, beneficiando-se também do fator de baixas emissões de sua matriz de geração de eletricidade. O Brasil tem uma oportunidade competitiva única para potencializar seu tremendo sucesso na produção de veículos *flex-fuel* para produzir veículos híbridos *flex-fuel* que podem funcionar com combinações de etanol/gasolina ou

eletricidade. No entanto, os esforços devem se estender além, com políticas complementares que apoiem a adoção de VEs, mantendo o foco estratégico em biocombustíveis, uma vantagem comparativa para o país. Os mecanismos de apoio à demanda (por exemplo, créditos fiscais ou metas para frotas governamentais/públicas/empresariais) podem ser estruturados de forma a evitar subsídios a segmentos de alto padrão e exacerbar as desigualdades sociais, como por exemplo, estabelecendo um teto de preço para veículos qualificados definindo critérios renda para compras (como [a França faz atualmente](#)). Igualmente importante será a devida consideração à expansão da infraestrutura de carga no país quando a demanda por VEs aumentar. A demanda interna mais forte por VEs deve ajudar a sustentar o investimento na produção nacional, o que, com o tempo, pode limitar a demanda por carros importados. Notavelmente, o Brasil já está atraindo investimentos consideráveis de fabricantes de VEs, o que representa uma oportunidade importante para a fabricação nacional e, potencialmente, para se tornar um exportador de VEs.

## 11. Estimular a demanda por veículos pesados de menor intensidade de carbono

Apesar da liderança global do Brasil em biocombustíveis, veículos pesados, especialmente caminhões, ainda dependem majoritariamente de óleo diesel fóssil. Os caminhões representaram mais de 70% do transporte de cargas em 2023 e, apesar de alguns investimentos em infraestrutura ferroviária, ainda se espera que eles transportem mais de 65% das cargas brasileiras até 2034. A migração do transporte de cargas das rodovias para as ferrovias seria a estratégia mais eficiente de descarbonização. No entanto, os custos elevados e o longo tempo necessário para ampliar a malha ferroviária indicam que os caminhões continuarão predominantes no curto prazo. No entanto, para atingir as metas de emissões líquidas zero, o Brasil precisará considerar opções para aumentar gradualmente a adoção de caminhões menos intensivos em carbono nos próximos anos.

O Brasil tem avançado na adoção de tecnologias para melhorar a eficiência energética de caminhões e aumentar a penetração do biodiesel, mas poderia se beneficiar do progresso tecnológico e de oportunidades adicionais em eletrificação e na adoção de GNV, GNL ou biogás. Embora políticas como o Mover, o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular e o Programa de Controle da Poluição do Ar Veicular L-8 ofereçam incentivos para a eficiência energética e a descarbonização de veículos pesados, não há políticas ou programas específicos para acelerar o

investimento na infraestrutura de abastecimento e distribuição necessária para criar demanda por veículos pesados com menor intensidade de carbono.

A AIE recomenda a adoção de padrões obrigatórios de eficiência de combustível e maior aplicação de etiquetagem como ferramentas eficazes para proporcionar melhorias na eficiência de combustível. Esses instrumentos são especialmente relevantes para modos de transporte que exigem muita energia, como caminhões. Os padrões e etiquetas devem ser revisados e atualizados regularmente para promover a aposentadoria de veículos mais antigos e de altas emissões de forma tecnologicamente neutra e econômica. Elas podem ser implementadas gradualmente para evitar custos altos e repentinos para os consumidores e para proteger a equidade social. Os padrões e etiquetas também podem estimular a inovação tecnológica.

O Brasil também se beneficiaria de um programa que promova o desenvolvimento de corredores sustentáveis e polos industriais com infraestrutura de carregamento/combustível relevante para acelerar a adoção de veículos pesados com menor intensidade de carbono, por exemplo, em empresas agroindustriais que produzem biogás a partir de resíduos agrícolas ou em clusters industriais que produzem e consomem eletricidade e hidrogênio. O Brasil já possui alguns corredores de combustível sustentável estabelecidos em nível regional. Um estado brasileiro pode servir como um laboratório para testar políticas e incentivos que poderiam ser replicados em outras partes do Brasil por meio da coordenação de programas federais e estaduais em cooperação com o setor privado. Isso poderia incluir a implementação acelerada de estruturas regulatórias previstas pela Lei do Combustível do Futuro, aproveitando as oportunidades disponíveis para o uso de biometano em caminhões movidos a gás natural em clusters agroindustriais.

A longo prazo, o Brasil também tem uma oportunidade de descarbonização setorial a partir do óleo diesel renovável ou do óleo vegetal hidrotratado, que pode ser usado como combustível compatível em veículos rodoviários pesados, bem como no setor de transporte marítimo, usando a mesma infraestrutura do óleo diesel fóssil.

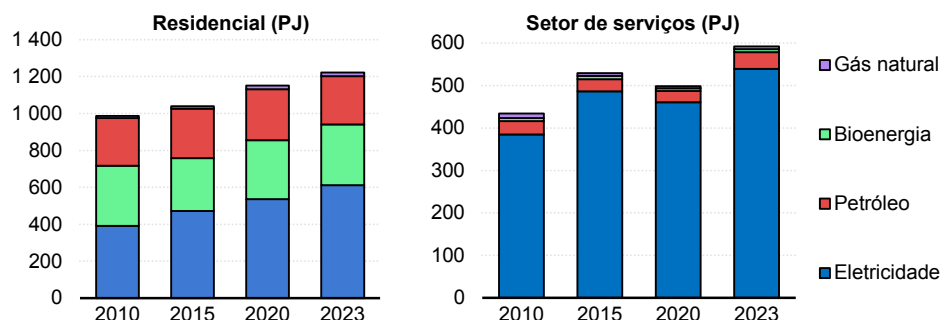
# Edifícios

## Consumo de energia e emissões

Em 2023, os edifícios consumiram 319 terawatt-hora (TWh), o equivalente a 55% do consumo de eletricidade do país. Ainda assim, os edifícios representam menos de um quinto do TFEC do Brasil e foram responsáveis por 11% das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia em 2023. Esses níveis relativamente baixos de emissões se devem às altas taxas de eletrificação (62% do consumo de energia dos edifícios) e o perfil de baixo carbono da matriz elétrica brasileira. A bioenergia e os derivados de petróleo, respectivamente, cobrem 18% e 20% do consumo de energia do setor.

O TFEC dos edifícios aumentou 29% entre 2010 e 2023, amplamente suprido pela maior adicional de eletricidade. A demanda por eletricidade para refrigeração também deverá triplicar até meados do século.

### Consumo de energia de edifícios no Brasil, 2010-2023

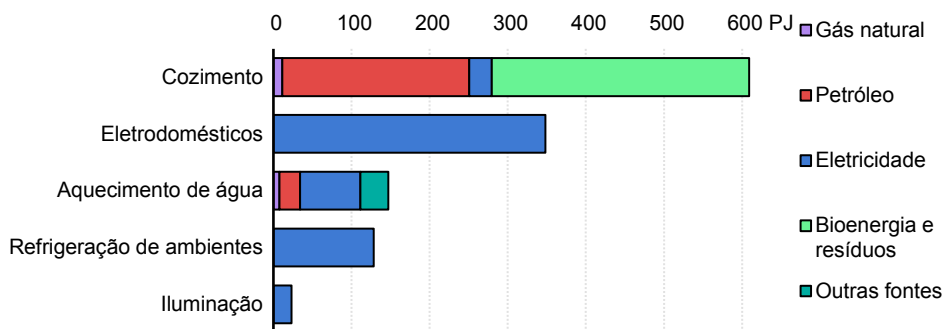


AIE. CC BY 4.0

Fonte: AIE (2025), [Balanços Energéticos Globais](#).

A demanda de energia no setor residencial é o dobro da observada no setor não residencial. Mais da metade desse consumo está associada ao preparo de alimentos. Em 2023, as necessidades de cozimento foram atendidas por bioenergia (54%) e petróleo (39%). Maior acesso à cozinha limpa e à eletrificação do preparo de alimentos poderia reduzir o uso tradicional de biomassa.

## Consumo final de energia no setor residencial por combustível no Brasil, 2023



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: AIE (2025), [Indicadores de eficiência e uso final de energia](#).

## Políticas

O Brasil conta com uma ampla gama de políticas voltadas à melhoria da eficiência energética dos edifícios. Essas políticas abrangem tanto os elementos construtivos quanto os equipamentos e eletrodomésticos usados nesses ambientes. Em geral, podem ser agrupadas em três categorias: regulamentação, informação e incentivos financeiros.

A iniciativa [PBE Edifica](#) fornece uma estrutura e uma metodologia para a etiquetagem de eficiência energética no Brasil. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) informa os usuários sobre a eficiência energética da **estrutura da edificação**, com uma classificação de A a E para edifícios e sistemas individuais dentro deles. A etiqueta também destaca a presença de geração renovável presente no local. O PBE Edifica tem como objetivo promover práticas de construção sustentáveis e reduzir o consumo de energia em edifícios residenciais, comerciais e públicos. As etiquetas são obrigatórias para edifícios públicos e, atualmente, voluntárias nos setores residenciais e não residenciais. Uma [nova iniciativa](#), lançada em 2020, visa estabelecer um programa obrigatório nos setores residenciais, não residenciais e públicos. Em 2022, quase 5 000 edifícios tiveram etiquetas emitidas, sendo os edifícios residenciais com apartamentos independentes os mais comuns. Outra regulamentação também inclui os conceitos de edifícios com energia quase zero e com energia positiva. Edifícios de energia quase zero são definidos como

aqueles que atendem pelo menos 50% da demanda anual total de energia primária com geração de energia renovável no local, enquanto edifícios de energia positiva alcançam uma produção anual de energia renovável igual ou superior ao consumo anual total de energia primária.

O PBE também define a estrutura geral para etiquetagem de eficiência energética para equipamentos e eletrodomésticos usados em edifícios. Em 2017, o programa abrangia 38 categorias de produtos, incluindo lâmpadas, aparelhos de ar-condicionado, ventiladores, aquecedores de água, televisores, sistemas e equipamentos de energia renovável, computadores, fornos, motores elétricos, bombas e transformadores de distribuição. O programa [Selo PROCEL](#) estimula a produção e a comercialização de produtos de eficiência energética, premiando o aparelho mais eficiente em cada categoria.

Existem relativamente poucos padrões de desempenho energético de edifícios em vigor no Brasil, embora emendas recentes tenham melhorado a cobertura. A norma [ABNT NBR NO 15775](#) estabelece requisitos para o desempenho térmico da estrutura da edificação e é obrigatória para todos os novos edifícios residenciais, embora sua aplicação seja limitada. O norma foi [atualizada em 2024](#) para se tornar mais rigoroso. De acordo com uma [regulamentação separada de 2014](#), novos edifícios públicos federais e aqueles reformados com fundos federais devem ter uma classificação ENCE de A. Atualmente, não há regulamentações nacionais em vigor para melhorar a eficiência energética de edifícios residenciais ou privados existentes por meio de reformas.

Os MEPS para uma série de eletrodomésticos estão em vigor desde a Lei de Eficiência Energética de 2001, com cobertura e rigor aumentando gradualmente ao longo dos anos. O Brasil revisou recentemente seu MEPS para aparelhos de ar-condicionado (2022), refrigeradores (2023) e vários outros equipamentos.

Os incentivos financeiros para edifícios energeticamente eficientes continuam relativamente limitados no Brasil. No sistema de certificação de edifícios verdes “Casa Azul + CAIXA”, os incorporadores de habitações sociais e comunitárias podem acessar fontes de financiamento por meio do Fundo de Arrendamento Residencial e do Fundo de Desenvolvimento Social para auxiliar no projeto e na construção de edifícios verdes. O sistema de certificação define critérios para projeto e para a construção de edifícios, como o uso de equipamentos de eficiência energética e a instalação de sensores de movimento e temporizadores; requisitos de conformidade com o código de energia das edificações; e a instalação de geração de energia

renovável no local, entre outros critérios. Além disso, o “Programa Minha Casa, Minha Vida” (MCMV) subsidia e facilita a compra de casa ou apartamento para famílias de baixa renda. Os incentivos para instalação de energia solar também permitem que o excedente de energia gerado nas unidades do MCMV seja vendido a órgãos públicos se o morador for beneficiário de um programa social ou habitacional federal, estadual ou municipal.

## Recomendações

### 12. Incentivar os proprietários de edifícios a realizar auditorias energéticas voluntárias em edifícios existentes, começando pelos de maior porte

Considerando que a maior parte do parque imobiliário existente permanecerá em operação até 2050, é importante adotar uma estratégia para preencher progressivamente as lacunas de informação relacionadas ao desempenho energético e à eficiência. Neste esforço, auditorias energéticas voluntárias e direcionadas podem ser uma primeira medida para ajudar a resolver as ineficiências do parque imobiliário existente em diferentes tipologias e zonas climáticas, ao mesmo tempo que têm o potencial de estabelecer uma base de dados para futuras políticas de modernização, facilitando a priorização de intervenções com os menores custos do ciclo de vida. Além disso, uma abordagem voluntária atenua a resistência do setor imobiliário, permitindo que proprietários de edifícios e administradores de propriedades avaliem a viabilidade financeira das reformas sem imposições regulatórias imediatas. O foco em edifícios maiores também ajuda a garantir que os responsáveis pelas auditorias tenham os meios financeiros para fazê-lo. A cooperação estreita com os governos estaduais será essencial para uma implementação eficaz, incluindo a capacitação de auditores em nível local. Programas voluntários também podem dar suporte à expansão da capacidade no setor de edifícios, incluindo o desenvolvimento de competências e de prestadores de serviços, visando uma aplicação mais ampla de auditorias no futuro. As auditorias também podem ajudar a identificar soluções de ar-condicionado mais econômicas e energeticamente eficientes para edifícios, a fim de atender à rápida expansão da demanda de refrigeração esperada no setor de edifícios nos próximos anos.

### 13. Integrar padrões de eficiência energética e conforto térmico em programas de habitação social.

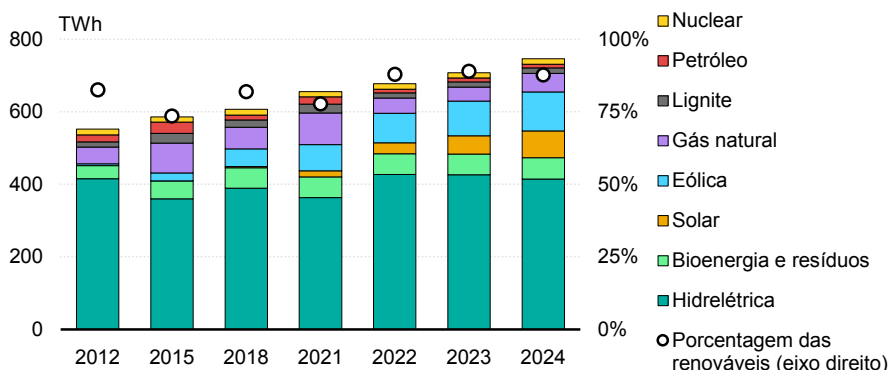
Critérios de eficiência energética e conforto térmico são aspectos essenciais a serem integrados em programas de habitação social, como o MCMV, para aumentar a resiliência, a acessibilidade e a sustentabilidade. Tais critérios devem considerar contextos socioeconômicos e de infraestrutura específicos do Brasil. Do ponto de vista político, a integração de requisitos claros de eficiência energética, como estratégias de refrigeração passiva, no MCMV maximizará o impacto da implantação de energia solar FV, reduzindo o consumo desnecessário de energia. Ao estabelecer requisitos claros de eficiência antes de implementar a geração distribuída, o governo pode aumentar a resiliência das habitações sociais, melhorar o conforto térmico interno e otimizar o investimento público. Além disso, vincular a alocação de financiamento a projetos que atendam aos critérios de eficiência e de energia renovável garantirá uma abordagem holística para moradias sustentáveis de baixa renda, promovendo acessibilidade a longo prazo e resiliência climática.

# Eletricidade

A demanda por eletricidade no Brasil tem aumentado ao longo da última década. Vários fatores contribuíram para isso. Os mais importantes são o crescimento populacional, a economia e o acesso à eletricidade, além do impacto das altas temperaturas que levam ao uso mais intenso do ar-condicionado em dias quentes.

A geração de eletricidade no Brasil é predominantemente de fontes renováveis, especialmente energia hidrelétrica, que segue como a principal fonte na matriz. A geração de eletricidade cresceu mais de 46% no período de 2010 a 2024, mantendo uma participação consistentemente alta de energias renováveis. Em 2024, as energias renováveis representaram 89% da geração de eletricidade. Desse total, a energia hidrelétrica teve a maior participação (64%), seguida pela eólica (17%), solar FV (11%) e bioenergia (8%). O gás natural foi o principal combustível fóssil utilizado na geração de eletricidade em 2024, representando cerca de 7% do total.

## Geração de eletricidade por fonte no Brasil, 2012-2024



AIE. CC BY 4.0.

Fontes: AIE (2025), [Balanços Energéticos Globais](#); AIE (2025), [Eletricidade 2025](#) (para 2024).

Olhando para o futuro, de acordo com o Relatório de Eletricidade da AIE 2025, o mercado de eletricidade do Brasil deve registrar um crescimento adicional significativo em energia renovável a partir de 2024, com a energia solar e eólica liderando essa expansão. A geração de energia eólica deverá aumentar em média 9,1% ao ano até 2027. A energia solar FV é a fonte que mais cresce, com um crescimento médio anual projetado de 23,5% entre 2025 e 2027. Em contraste, a energia hidrelétrica, apesar de se manter como a principal fonte renovável, apresenta crescimento modesto no período, enquanto as fontes fósseis seguem em declínio contínuo.

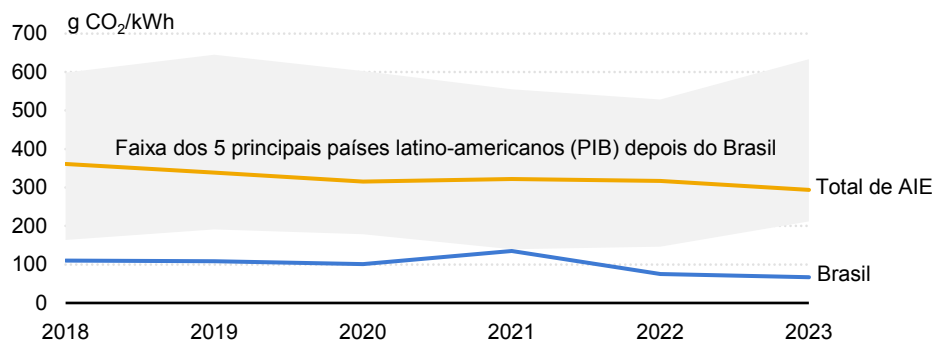
Essas tendências ressaltam a integração acelerada de mais fontes de energia renováveis no Brasil, cuja [participação no total de eletricidade gerada](#) será, dependendo das condições hidrológicas, de cerca de 90% em 2027, em comparação com 89% e 78% em 2024 e 2017, respectivamente.

A Eletrobras é a maior concessionária de serviços públicos do Brasil e um ator fundamental no setor elétrico, sendo responsável por cerca de 29% da capacidade total de geração de energia do país e 47% de suas linhas de transmissão de alta tensão (77.000 km). Ela opera um portfólio diversificado, fornecendo mais de 20% da eletricidade total do país, com 97% proveniente de fontes de energia renovável. Na transmissão, a empresa representa quase 40% do total nacional. Privatizada em 2022, a Eletrobras passou de uma empresa de economia mista, com controle do governo federal, para o controle do setor privado, com o governo mantendo o *golden share*. No passado, a Eletrobras apoiou a implementação do Luz para Todos, o principal programa do governo, para reduzir a lacuna de acesso à eletricidade de cerca de 1%.

## Perspectivas de descarbonização

O setor elétrico brasileiro está entre os menos intensivos em carbono do mundo, com 74 g de CO<sub>2</sub>/kWh em 2022, bem abaixo da média da AIE (323 g de CO<sub>2</sub>/kWh). Historicamente, o valor permaneceu estável, abaixo de 100 gCO<sub>2</sub> /kWh, exceto entre 2012 e 2019 e em 2021, quando a geração de gás natural aumentou devido a anos de clima mais seco. À luz da expansão planejada da capacidade de geração, a intensidade das emissões deverá cair, de acordo com a AIE, em média 14,4% ao ano durante o período de 2025 a 2027, à medida que o setor elétrico avança em sua tendência de descarbonização, ao mesmo tempo em que melhora a segurança energética.

## Intensidade de carbono do setor elétrico em uma média selecionada da América Latina e na média da AIE, 2018-2023



AIE. CC BY 4.0.

Nota: Os dados de 2023 para a intensidade média de carbono da AIE são provisórios.

Fonte: AIE (2024), [Fatores de Emissões 2024](#).

## Cenários, planejamento de sistemas

O planejamento energético do Brasil é ancorado pelo PDE, que fornece uma visão abrangente de dez anos sobre o setor de energia, oferecendo uma perspectiva integrada sobre a expansão do setor de eletricidade.

### Plano Decenal de Expansão de Energia 2034

O PDE [2034](#) foi publicado em abril de 2025 e inclui as seguintes projeções, que foram disponibilizadas na página da EPE na internet:

- **Geração de eletricidade:**
  - A geração de eletricidade deverá atingir 1.045,3 TWh, crescendo 3,3% ao ano.
- **Energia renovável:**
  - As fontes renováveis representarão 49% da matriz energética total.
  - A geração de eletricidade a partir de fontes renováveis atingirá uma participação de 86,1%.
  - Crescimento significativo em energia solar e eólica, com adições de capacidade de 13.147 megawatts (MW) e 15.504 MW, respectivamente.

- **Diversificação energética:**
  - A participação do gás natural na matriz de eletricidade aumenta de 11% para 14%.
  - Redução da participação de petróleo e derivados de 35% para 30%.
- **Métricas per capita:**
  - A energia per capita aumenta de 1,45 tonelada de equivalente de petróleo em 2024 para 1,72 tonelada de equivalente de petróleo em 2034.
  - A eletricidade per capita cresce de 3.475 kWh para 4.568 kWh.
- **Autoprodução e geração distribuída:**
  - A participação na geração de eletricidade sobe de 15% para 17%, impulsionada por fontes de biomassa e solar.
- **Perspectivas de Investimento:**
  - Os investimentos estimados chegam a R\$ 3,2 trilhões, com 78% destinados a petróleo e gás natural.
  - Energia renovável e geração distribuída representam parcelas significativas no plano de expansão.

Essas tendências fornecem orientação valiosa aos formuladores de políticas e às partes interessadas do mercado no planejamento de energia e na alocação de capital. Um dos principais resultados do PDE é o apoio ao MME na definição de leilões de geração e transmissão de energia.

## Leilões de capacidade de eletricidade

Leilões para expandir a capacidade de geração de eletricidade foram introduzidos como parte das reformas do setor elétrico em 2004. Esses leilões são processos de licitação competitivos por meio dos quais novos projetos de geração são contratados para atender ao crescimento projetado na demanda de energia.

Os [leilões](#) são organizados pela ANEEL para contratar a compra de eletricidade, com o apoio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e da EPE. Os objetivos dos leilões de compra de eletricidade são:

- contratar energia ao menor preço possível
- atrair investidores para construir novas usinas para expandir a geração
- manter a geração existente.

## Planejamento do sistema de transmissão

O MME é legalmente responsável pelo planejamento da expansão do sistema de transmissão. Assim, com o apoio da EPE, o MME emite o “Plano de Outorga de Transmissão de Eletricidade”, que determina quais projetos de transmissão devem ser licitados ou autorizados. Novas concessões de linhas de transmissão são concedidas por meio de processos de licitação competitivos administrados pela ANEEL.

O Brasil tem um planejamento centralizado para o Sistema Interligado Nacional. O ciclo entre a identificação da necessidade de um projeto e sua conclusão normalmente varia de cinco a sete anos.

A expansão da rede de transmissão do Brasil, especialmente as interconexões regionais entre as regiões Norte/Nordeste, ricas em energias renováveis, e Sudeste/Centro-Oeste, de alta demanda, é uma prioridade do governo. Leilões recentes incluem o Northeast Bipole I (5 gigawatts [GW] de capacidade de exportação do Nordeste para aumentar a capacidade total para 25 GW) e o Northeast Bipole II (3 GW de capacidade de exportação para aumentar a capacidade total para 28 GW).

No Brasil, os leilões de transmissão de eletricidade são processos de licitação conduzidos pela ANEEL para conceder a empresas privadas o direito de construir, operar e manter novas linhas de transmissão e subestações. Durante o leilão, os participantes apresentam lances pela Receita Anual Permitida, e vence aquele que oferecer o menor valor pela prestação do serviço. Após a adjudicação, a empresa vencedora fica responsável pela construção e operação das instalações pelo período estipulado no contrato de concessão. As necessidades futuras de transmissão também serão moldadas pelo aumento de cargas de novas indústrias (por exemplo, data centers, produção de hidrogênio de baixas emissões). Até 2035, a demanda por data centers deverá crescer para 12,5 GW (principalmente nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Ceará). Enquanto isso, segundo o MME, o hidrogênio eletrolítico tem uma demanda potencial de 46,8 GW até 2038, com forte concentração de projetos em determinadas áreas da rede. Em resposta, a EPE iniciou estudos para avaliar as necessidades de infraestrutura de transmissão para atender à nova demanda concentrada.

Além da expansão da rede de transmissão, o governo estima que será necessário um investimento de R\$ 39 bilhões para substituir e modernizar a infraestrutura

existente, incluindo a implementação de tecnologias digitais avançadas. No entanto, há preocupações crescentes sobre o peso financeiro desses investimentos combinados em expansões e atualizações, pois eles contribuem para o aumento das tarifas.

## Mercado de eletricidade

### Modelos de mercado

No Brasil, o mercado de eletricidade está estruturado em dois modelos principais: o Mercado Cativo e o Mercado Livre de Energia ou Ambiente de Contratação Livre (ACL). Esses modelos diferem significativamente em termos de mecanismos de contratação, flexibilidade e estruturas de custos.

No Mercado Cativo, que atende principalmente pequenos consumidores, o fornecimento e a transmissão de energia são gerenciados exclusivamente pela distribuidora local de energia, com a energia fornecida de acordo com a área de serviço designada pela distribuidora. A ANEEL é o órgão responsável por fixar, regulamentar e definir tarifas, que são pré-determinadas para a área de atuação de cada concessionária. Essas tarifas, juntamente com quaisquer ajustes, são fixas por um período de 12 meses e cobrem vários custos, incluindo investimentos, operações, manutenção e aquisição de energia, dificultando a previsão de despesas futuras. Os consumidores não podem escolher fornecedores alternativos. Ajustes, como a revisão tarifária anual ou a aplicação de bandeiras tarifárias, são implementados para lidar com eventos imprevistos, como crises econômicas ou secas. No entanto, há alguma flexibilidade, pois as cobranças são proporcionais ao consumo real, permitindo custos reduzidos durante períodos de menor utilização.

No ACL, os consumidores têm maior controle, contratando energia diretamente com geradoras ou comercializadoras de energia. Eles podem selecionar entre várias fontes, como energia hidrelétrica, eólica, solar ou térmica, oferecendo otimização de custos de até 40%. No entanto, as tarifas de distribuição e transmissão permanecem regulamentadas e consistentes com o Mercado Cativo. No ACL, por outro lado, há liberdade de negociação e melhores condições de comercialização. Na prática, os clientes livres podem negociar condições comerciais, o que permite flexibilidade na definição de preços, quantidade de energia contratada, prazo de fornecimento e pagamento, entre outros.

Como parte do ACL, os consumidores têm duas opções: 1) tornar-se um agente direto da CCEE; ou 2) trabalhar por meio de um comercializador, que pode ser um varejista ou atacadista, no “mercado varejista de energia”. No modelo atacadista, ou opção (1), o consumidor assume diretamente a responsabilidade de cumprir as obrigações da CCEE. Isso exige que a empresa contratante se associe à CCEE, assuma o papel de agente e cumpra responsabilidades como garantir a adequação comercial e fornecer garantias financeiras.

O mercado varejista de energia, ou opção (2), no Brasil funciona como um modelo intermediário em que as comercializadoras de energia atuam como mediadoras entre geradoras e consumidores, simplificando o acesso ao ACL para empresas menores que não possuem expertise ou volume suficiente para negociar diretamente com as geradoras. Nesse modelo, a empresa gerencia os contratos de energia, otimizando custos, ajustando os volumes contratados e oferecendo serviços personalizados, como análise de consumo e estratégias de compra. Essa abordagem permite que consumidores menores aproveitem os benefícios do ACL, como economia e flexibilidade, sem enfrentar a complexidade técnica e regulatória associada às negociações diretas.

## Preços e tarifas

No Mercado Cativo, onde atuam as empresas de serviços públicos, os preços da eletricidade são definidos pela ANEEL, que desenvolve metodologias de cálculo de tarifas para todos os segmentos do setor de eletricidade (geração, transmissão, distribuição e comercialização), levando em consideração fatores como infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, além de fatores econômicos para incentivar a modicidade tarifária e a sinalização de mercado.

No Brasil, as bandeiras tarifárias são um sistema introduzido pela ANEEL para sinalizar o custo da geração de eletricidade, refletindo mudanças nos custos operacionais do sistema de eletricidade brasileiro. Eles são projetados para fornecer aos consumidores informações em tempo real sobre o estado da geração de eletricidade e permitir ajustes nas tarifas com base em diferentes condições, especialmente durante períodos de custos de geração mais altos. As cores das bandeiras (verde, amarelo ou vermelho) indicam quanto custará a eletricidade dependendo das condições de geração. Em 2024, a ANEEL alterou as bandeiras tarifárias, de verde para amarela e vermelha, e conseqüentemente revisou os preços da eletricidade em razão da forte seca que atingiu o país.

Em contraste, o ACL permite que as empresas negociem as condições de oferta de energia, levando a preços voláteis e dependentes de fatores como a fonte de energia, condições de mercado e métricas específicas. A principal métrica de precificação é o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), usado para definir preços de energia de curto prazo. Calculado semanalmente pela CCEE, o PLD equilibra os custos de oferta e demanda.

O PLD é determinado por meio de um processo complexo que considera fatores como condições hidrológicas (níveis dos reservatórios hidrelétricos), demanda de energia, disponibilidade de outras fontes de geração e custos operacionais. Ele reflete a diferença entre energia gerada e consumida, ajudando a identificar déficits e equilibrar custos. Apesar das flutuações periódicas, o PLD é a principal referência para as negociações no ACL, oferecendo previsibilidade para contratos e aquisição de energia sob demanda.

Atualmente, há um debate no Brasil sobre se o ACL deve ser expandido e permitir a participação de usuários menores. Os proponentes argumentam que expandir o acesso poderia promover mais concorrência e custos mais baixos para uma gama mais ampla de consumidores. No entanto, a expansão do ACL levanta preocupações sobre tarifas mais altas para consumidores no Mercado Cativo, já que uma base menor de clientes deve cobrir os custos fixos do sistema. Os críticos argumentam que isso pode levar a ineficiências e maiores encargos financeiros para famílias de baixa renda. Além disso, a volatilidade dos preços no ACL expõe os consumidores a riscos, principalmente durante períodos de escassez de oferta ou alta demanda. O governo está ativamente estudando como abordar essa questão e promover uma melhor integração de ambos os mercados.

## Design e modernização de mercado

O ACL apresenta oportunidades para estratégias de energia personalizadas, enfatizando a redução de custos e a flexibilidade operacional. As empresas devem gerenciar cuidadosamente vários contratos e aproveitar a inteligência de mercado para escolher o melhor momento e as melhores condições para compras de energia. Isso inclui monitorar a dinâmica do mercado, o equilíbrio entre oferta e demanda e fatores hidrológicos. Consultoria especializada é inestimável para maximizar economias e garantir termos favoráveis, alinhando estratégias de energia com necessidades corporativas.

O Projeto de Lei 414/2021 está em discussão no Congresso há um tempo anormalmente longo. Ele defende a modernização do setor de eletricidade brasileiro por meio da abertura do ACL e da promoção da concorrência, buscando maior transparência e eficiência. Esta iniciativa propõe um desenho de mercado que separa as atividades de distribuição, transmissão e comercialização para eliminar barreiras e aumentar a participação no mercado. Ela apoia mecanismos de preços mais claros, como a “tarifa de fio”, e promove flexibilidade para os consumidores escolherem fornecedores e contratarem fontes de energia renováveis. A integração de tecnologias avançadas, como rede elétrica inteligente e armazenamento de energia, complementa esses esforços, enquanto os aprimoramentos regulatórios da ANEEL garantem um ambiente equilibrado e competitivo.

Enquanto esse Projeto de Lei ainda está em discussão no Congresso, o MME editou a [Portaria 50/2022](#), que possibilitou o acesso dos consumidores de alta tensão ao ACL. A partir de janeiro de 2024, os clientes do grupo A (incluindo PMEs como supermercados, padarias, farmácias, redes de varejo e hotéis) começaram a migrar para o ACL. Essa transição permite que os consumidores selecionem seus fornecedores de energia e negociem contratos personalizados, aumentando a concorrência no setor. Em 2024, o número de consumidores no ACL aumentou em aproximadamente 50%, destacando a importância da reforma do setor elétrico e do design de mercado que antecipe e acomode com precisão as tendências de evolução da demanda de eletricidade nos próximos anos.

A EPE também acompanha o andamento do estudo “[Precificação Curta para Energia Elétrica: Uma Análise do Mercado Brasileiro](#)”. Iniciado em junho de 2023, o estudo está sendo conduzido pela empresa PSR, com apoio financeiro do Grupo Banco Mundial e supervisão da CCEE. O principal objetivo da iniciativa é avaliar e propor aprimoramentos aos mecanismos de formação de preços de curto prazo no mercado brasileiro de eletricidade, com foco na promoção de maior eficiência econômica, otimização da alocação de recursos e fortalecimento da sinalização de preços aos agentes do mercado.

## Interconexões e comércio transfronteiriços

O Brasil, maior mercado de eletricidade da América do Sul, desenvolveu projetos de integração com a Argentina, Uruguai e República Bolivariana da Venezuela, além de uma hidrelétrica binacional com o Paraguai – Itaipu Binacional. Com exceção do projeto de Itaipu, o comércio de geração de eletricidade com outros países é ad hoc,

sem contratos de longo prazo, em grande parte devido a diferenças em questões comerciais e regulatórias.

Além disto, está prevista a construção de dois projetos hidrelétricos binacionais: 1) o complexo Garabi-Panambi, no Rio Uruguai, na fronteira entre Brasil e Argentina; e 2) um projeto com o Estado Plurinacional da Bolívia no Rio Madeira.

O Brasil tem sido historicamente um importador líquido de eletricidade, com importações líquidas diminuindo lentamente ao longo dos anos. Em 2022, cerca de 2% da oferta de eletricidade era coberta por interconexões transfronteiriças. Quase todas as importações de eletricidade do país são provenientes do projeto de Itaipu.

Um desafio para uma maior integração regional do mercado de energia do Brasil é o atual modelo comercial, em vigor desde 2004. Esse modelo se baseia na comercialização de certificados de eletricidade, que são essencialmente garantias de fornecimento de eletricidade. O sistema é centralizado, rigidamente planejado e otimizado para uso doméstico. Para que o Brasil se integre efetivamente aos mercados de energia dos países vizinhos, seria necessário alinhar as regulamentações e criar normas de mercado que sejam transparentes e flexíveis o suficiente para permitir um comércio transfronteiriço mais fácil.

Entretanto, apesar dessas limitações, a integração elétrica regional tem uma oportunidade promissora e imediata de progresso por meio de projetos hidrelétricos binacionais.

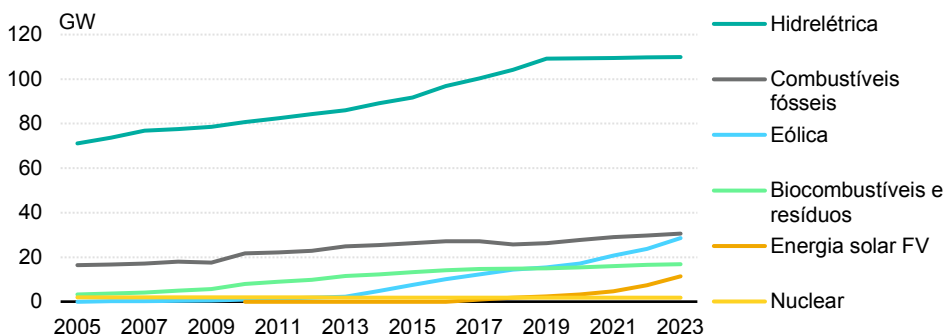
O Brasil faz parte de duas importantes iniciativas de integração regional de eletricidade: SIESUR (Sistema de Interconexão Elétrica Sul-Americana) e ARCONORTE (Sistema de Interconexão Elétrica da Região Norte). Essas iniciativas visam aprimorar o comércio de eletricidade e melhorar a confiabilidade do fornecimento de eletricidade em toda a América do Sul. O SIESUR busca fomentar o intercâmbio transfronteiriço de eletricidade e promover a segurança energética regional integrando o Brasil à Argentina, Paraguai e Uruguai. Já a ARCONORTE concentra-se nas regiões Norte, ligando o Brasil a países como Colômbia e Venezuela. Ambos os sistemas permitem que o Brasil participe de uma rede de eletricidade regional mais ampla, o que permite melhor compartilhamento de recursos, economia de custos e apoio durante picos de demanda ou escassez de geração.

# Renováveis

## Capacidade Instalada

A energia renovável tem sido essencial para a geração de eletricidade no Brasil há muito tempo e seu papel continuará ganhando importância nas próximas décadas. A capacidade instalada do setor elétrico refletiu de perto o perfil de geração no período de 2005 a 2023.

### Capacidade de eletricidade por fonte no Brasil, 2005-2023



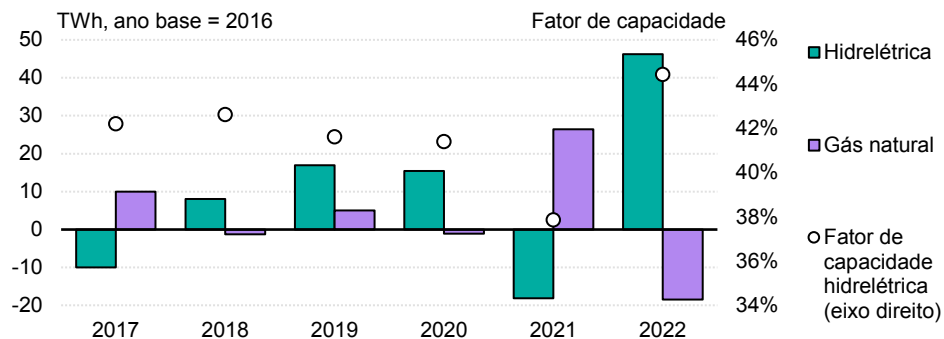
AIE. CC BY 4.0.

Fonte: Análise da AIE baseada no Ministério de Minas e Energia (2024), [BEN - Séries Históricas e Matrizes](#) (acessado em abril de 2025).

## Sistema dominado por energia hidrelétrica

Entretanto, variações climáticas, especialmente na disponibilidade hídrica, frequentemente causam divergências entre a capacidade instalada e a geração efetiva. Por exemplo, durante as estações secas, a produção de energia hidrelétrica diminui drasticamente, reduzindo a participação de energias renováveis na matriz elétrica. Nesses períodos, a geração de gás natural se torna uma fonte crítica para atender à demanda. A forte dependência da energia hidrelétrica torna o sistema brasileiro particularmente vulnerável às mudanças climáticas, enfatizando a necessidade de diversificação com fontes renováveis complementares, como eólica, solar e biomassa, processo já em curso.

## Variações anuais na geração de eletricidade a partir de energia hidrelétrica e gás natural e fator de capacidade hidrelétrica no Brasil, 2017-2022



AIE. CC BY 4.0.

Fontes: AIE (2024), [Balanços Energéticos Globais](#); Ministério de Minas e Energia (2024), [Séries Históricas e Matrizes](#) (acesso em janeiro de 2025).

## Incentivos eólicos e solares

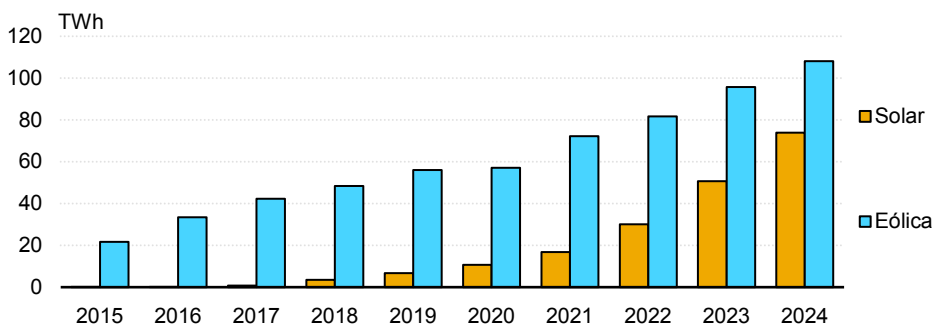
O Brasil avançou de forma significativa na diversificação de sua matriz de eletricidade com fontes renováveis não hídricas, impulsionado por políticas e incentivos proativos. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), iniciado no início dos anos 2000, lançou as bases para a adoção de energia eólica, solar e de biomassa. O Programa combinou mecanismos como garantias de preço, contratos de longo prazo, tarifas de uso da rede com desconto e financiamento preferencial para estimular investimentos iniciais. Além disso, a introdução de leilões de energia transformou o cenário de energia renovável, criando um mercado competitivo que vem ampliando, de forma constante, a participação de energias renováveis na matriz energética do Brasil nas últimas duas décadas. Os leilões estabelecem metas específicas para energia eólica, solar, biomassa e hidrelétrica de pequena escala. Projetos de energia renovável também podem se qualificar para obter empréstimos com juros baixos por meio de bancos públicos, como o BNDES, e se beneficiar de certas isenções fiscais (como impostos de importação de equipamentos e algumas taxas de transmissão). De fato, o BNDES teve papel central no financiamento da expansão da energia renovável no Brasil, com aportes de US\$ 36,4 bilhões entre 2004 e 2023, consolidando sua liderança neste setor.

Enquanto isso, a geração distribuída de energia solar, eólica e biomassa usufrui de benefícios de medição líquida, previstos em lei, válidos até 2029. Esses benefícios impulsionaram significativamente a implantação de projetos fotovoltaicos. Segundo a EPE, a [capacidade instalada de geração distribuída](#) cresceu de 0,2 GW em 2017 para 20,6 GW em 2024.

Os críticos das políticas de medição líquida, que permitiram que os proprietários de sistemas fotovoltaicos distribuídos compensassem suas contas de eletricidade injetando excedentes de eletricidade na rede a preços de varejo, argumentam que esse sistema transfere injustamente os custos de manutenção e operação da rede para consumidores não solares, que tendem a ser famílias de baixa renda. As distribuidoras argumentam que os usuários de energia fotovoltaica ainda dependem da rede, mas não contribuem de forma proporcional com os custos da infraestrutura e dos serviços, criando um desequilíbrio financeiro.

Para resolver isso, o Brasil promulgou a Lei 14.300/2022, introduzindo uma transição gradual para uma nova compensação a partir de 2029. Este modelo impõe encargos aos usuários de energia fotovoltaica distribuída para cobrir o uso da rede e os custos de serviço, ao mesmo tempo que mantém retornos razoáveis para os proprietários do sistema. Assim, a Lei manteve as características e procedimentos principais do modelo existente, mas introduziu uma taxa progressiva de 2023 a 2028 para novas instalações para cobrir os custos de distribuição. Uma exceção se aplica a sistemas que excedem 500 quilowatts (kW) para compensação remota, para os quais as cobranças são mais substanciais e imediatas. Posteriormente, após 2028, a compensação para todos os sistemas instalados a partir de 2023 será determinada com base em uma análise de custo-benefício. Esta avaliação abrangerá os efeitos das usinas de geração distribuída nos custos relacionados à geração, transmissão, distribuição e perdas elétricas. Portanto, essa nova estrutura de compensação pode ser classificada como um esquema de faturamento líquido, já que a eletricidade líquida exportada geralmente é avaliada abaixo da tarifa de varejo.

## Geração de eletricidade eólica e solar no Brasil, 2015-2024



AIE. CC BY 4.0.

Fontes: AIE (2025), [Balanços Energéticos Globais](#); AIE (2025), [Eletricidade 2025](#) (dados de 2024).

No entanto, projetos de energia solar e eólica também enfrentam alguns desafios. No caso da energia solar, a falta de uma estrutura regulatória padronizada para licenciamento ambiental cria uma colcha de retalhos de diretrizes entre municípios e estados, agravada pela ausência de regulamentação que estabeleça critérios básicos para classificar tamanhos de projetos e requisitos mínimos de licenciamento. Em contraste, os parques eólicos se beneficiam de regulamentações federais que estabelecem uma estrutura básica para procedimentos de licenciamento local, mas também enfrentam desafios de aceitação local (principalmente relacionados a ruído, uso conflitante da terra e termos desfavoráveis para proprietários de terras locais).

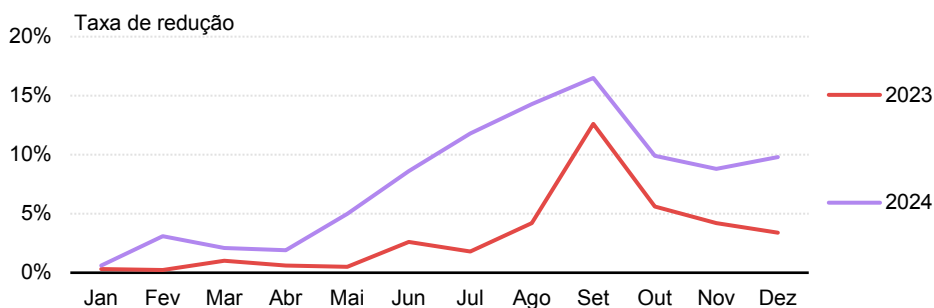
O Brasil também tem um enorme potencial inexplorado de energia eólica offshore ao longo de sua costa. No entanto, a energia eólica offshore enfrenta dificuldades em termos de custo em comparação a alternativas como a energia eólica *onshore* e a energia solar FV. É necessário trabalho adicional para avaliar os recursos e custos da energia eólica offshore, juntamente com maior clareza sobre a demanda em larga escala, para impulsionar uma indústria offshore. No entanto, o Projeto de Lei 576 de 2021, que regulamenta a geração de eletricidade renovável por turbinas eólicas offshore, foi sancionado no início de 2025.

## Integração de sistemas, flexibilidade e segurança de fornecimento

À medida que aumenta a penetração de fontes de energia renovável variáveis (VRE), como eólica e solar, novos desafios surgem no planejamento e na operação do sistema. Essas fontes, embora abundantes, variam de acordo com as condições climáticas e exigem maior flexibilidade da rede para gerenciar flutuações no fornecimento. Esses desafios são agravados por mudanças em outras fontes renováveis, como a energia hidrelétrica, cujo fator de capacidade caiu de mais de 50% para cerca de 40% nos últimos anos, sendo 2021 um caso atípico devido a uma seca severa. Esse declínio aumentou a dependência da geração térmica, especialmente do gás natural, que, embora confiável, aumenta os custos e as emissões de carbono.

Além disso, o rápido crescimento das energias renováveis muitas vezes ultrapassa a capacidade da rede e gera restrições de geração (*curtailment*), destacando a necessidade de melhor regulamentação, infraestrutura e integração de sistemas. Nesse aspecto, vale destacar que a geração de energia renovável no Brasil, principalmente nas regiões Nordeste (eólica) e Norte (solar), nem sempre está alinhada aos centros de demanda das regiões Sudeste e Centro-Oeste. Como resultado, ocorrem gargalos na rede, limitando a quantidade de energia renovável que pode ser transportada para onde é necessária.

### Taxas de restrição de geração de energia solar FV e eólica no Brasil por mês, 2023 e 2024



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: AIE com base no [Operador Nacional do Sistema \(ONS\)](#) (acessado em abril de 2025).

A estrutura regulamentar classifica as restrições de geração em três tipos: 1) indisponibilidade externa devido a problemas em instalações fora da usina, normalmente no sistema de transmissão; 2) requisitos de confiabilidade elétrica relacionados à confiabilidade dos equipamentos em instalações externas; e 3) restrições de energia devido à incapacidade de alocar geração de energia para a carga. Entretanto, a compensação pela perda de geração de energia só é concedida em casos de indisponibilidade externa.

Para enfrentar essas questões, o Brasil priorizou investimentos em transmissão, entre outras medidas. Em 2024, a ANEEL realizou dois leilões de transmissão, concedendo projetos que totalizam 7.250 km de novas linhas e 19.200 MVA de capacidade de transformação, com investimento estimado em US\$ 4 bilhões. Esses projetos visam aliviar gargalos, reduzir interrupções e aumentar a confiabilidade do sistema. Também foram feitos esforços para resolver a incompatibilidade entre os prazos de projetos de energias renováveis (dois a quatro anos) e de transmissão (cinco a sete anos). Entre as medidas adotadas, estão avaliações em regiões geográficas mais amplas e a antecipação da identificação de necessidades de conexão.

A EPE vem incorporando a flexibilidade como uma dimensão fundamental no planejamento da expansão desde 2018, por meio de diversos estudos e notas técnicas. Essas avaliações visam estabelecer conceitos fundamentais que distingam flexibilidade de capacidade, desenvolver metodologias para avaliar necessidades e recursos de flexibilidade e criar definições padronizadas para dar suporte ao diálogo com as partes interessadas. Além disso, as avaliações dão suporte ao planejamento da expansão de energia, garantindo que as fontes de geração atendam aos requisitos do sistema. Os estudos também contribuem para a integração de fontes de energia renováveis na rede de transmissão, especialmente em regiões ricas em potencial eólico e solar, orientando investimentos em infraestrutura que melhorem a adaptabilidade e mantenham a confiabilidade do sistema.

Além disso, o Brasil implementou outros mecanismos de mercado, como o Modelo de Contratação por Capacidade. Esse modelo foi introduzido para garantir que haja capacidade de geração suficiente disponível para atender à demanda de pico e fornecer confiabilidade ao sistema, sem depender exclusivamente do consumo de energia dos distribuidores. Este modelo permite a contratação de capacidade de reserva tanto de usinas termelétricas, quanto da expansão de usinas hidrelétricas. Além disso, o processo de leilão garante requisitos de desempenho mais rigorosos

para os projetos, o que ajuda a evitar futuros estouros de custos e garante que as usinas sejam capazes de cumprir com suas obrigações quando necessário.

Adicionalmente, espera-se que os sistemas de armazenamento de energia desempenhem um papel fundamental no fornecimento de estabilidade da rede e no suporte à demanda de pico, embora não haja uma estrutura regulatória definida para a remuneração do armazenamento de energia. O sistema elétrico brasileiro tem uma capacidade considerável de armazenamento hidrelétrico, especialmente de projetos construídos antes de 2000. Depois de 2000, a maioria dos projetos foi construída como projetos de fio d'água, com potencial de armazenamento significativamente menor. Dessa forma, desde então, a capacidade de armazenamento não acompanhou o crescimento da demanda, uma tendência que deve persistir. Portanto, otimizar o uso de reservatórios hidrelétricos existentes para potencial de armazenamento (incluindo grandes instalações a fio d'água) assumirá importância cada vez maior, tanto para estoques sazonais/interanuais quanto para fornecer flexibilidade diária/horária. Demandas conflitantes por água de outros usos agravam esse desafio.

Além do armazenamento hidrelétrico, o armazenamento em baterias também deverá desempenhar um papel mais importante. O MME planeja realizar seu primeiro leilão dedicado ao armazenamento de energia em 2025, com foco na contratação de sistemas de baterias para equilibrar a variabilidade da geração de eletricidade eólica e solar, ao mesmo tempo em que reduz a dependência de backups com alto teor de carbono. Esta iniciativa busca atrair grandes fabricantes, promover a adoção nacional de tecnologias de armazenamento e garantir a integração do sistema sem aumentar significativamente os custos de energia para os consumidores.

Além disso, a resposta à demanda também pode desempenhar um papel importante no equilíbrio das necessidades do sistema, reduzindo o consumo em momentos de oferta restrita. O Brasil fez progressos notáveis em programas de resposta à demanda para o setor de eletricidade, mas ainda está nos estágios iniciais em comparação com mercados mais desenvolvidos. A ANEEL autorizou o Operador Nacional do Sistema (ONS) a realizar um projeto piloto de resposta à demanda. Esses esforços iniciais visam entender o potencial da gestão do lado da demanda no equilíbrio entre oferta e demanda, especialmente durante períodos de pico ou quando a produção de energia hidrelétrica é baixa. Além disso, um programa voluntário de resposta à demanda foi estabelecido em 2021, que permite que grandes consumidores ganhem compensação pela redução de sua carga durante períodos críticos para a rede. O primeiro leilão de resposta à demanda foi realizado

em 2024, o que integrou ainda mais essa medida às ferramentas de balanceamento de rede. Além disso, a EPE publicou uma nota técnica, “Resposta à Demanda: Conceitos, Aspectos Regulatórios e Planejamento Energético, que fornece a conceituação de programas de resposta à demanda no Brasil, apresenta referências internacionais e descreve metodologias para integrar a resposta à demanda ao planejamento energético. A agência também aumentou progressivamente o papel da resposta à demanda em seus cenários e planos de longo prazo.

Por fim, a integração regional com países vizinhos representa uma oportunidade estratégica para aumentar a segurança energética e compartilhar recursos. Ao integrar a geração renovável entre fronteiras, o Brasil pode gerenciar melhor os desequilíbrios entre oferta e demanda e mitigar os impactos de eventos climáticos como secas.

## Nuclear

O programa de energia nuclear do Brasil começou na década de 1950 com a criação da Comissão Nacional de Energia Nuclear para supervisionar a P&D na área. A construção da primeira usina de energia nuclear do Brasil, Angra 1, começou na década de 1970 com tecnologia e equipamentos dos Estados Unidos. Entrou em operação em 1985. A usina subsequente, Angra 2, foi concluída em parceria com a Alemanha e começou a gerar energia em 2001. Ambas as usinas estão localizadas em Angra dos Reis, Rio de Janeiro, e juntas contribuem para a matriz de elétrica do país (2% da geração em 2024), fornecendo eletricidade estável e livre de carbono. Angra 1 tem capacidade instalada de 640 MW, enquanto Angra 2 tem 1.350 MW, elevando a capacidade nuclear total para 1.990 MW. Juntas, essas usinas respondem por aproximadamente 1% da capacidade instalada total de geração elétrica do Brasil. Entretanto, o desenvolvimento do programa nuclear do Brasil enfrentou atrasos e desafios, incluindo restrições financeiras, instabilidade política e oposição pública, o que retardou sua expansão.

Angra 3, idealizada como a terceira usina do complexo de Angra, está em desenvolvimento há décadas, enfrentando diversas interrupções devido a questões regulatórias e de financiamento. A construção começou na década de 1980, mas foi interrompida e retomada apenas esporadicamente. Atualmente, o governo brasileiro e a Eletronuclear estão discutindo a conclusão de Angra 3, com expectativas de adicionar 1.405 MW de capacidade à rede, reforçando a adequação de capacidade do país. O projeto está alinhado aos esforços do Brasil para diversificar sua matriz

energética e reduzir as emissões de GEE. As perspectivas futuras para Angra 3 também envolvem potencial integração com tecnologias nucleares avançadas e parcerias internacionais para garantir sua conclusão e operação eficiente. Quando entrar em operação, Angra 3 deverá reforçar o papel da energia nuclear como um complemento confiável ao crescente setor de energia renovável do Brasil, especialmente durante períodos de variabilidade da energia hidrelétrica.

O reator Angra 3 é a única expansão nuclear prevista no PDE 2034, enquanto o PNE 2050 avalia o potencial de novos reatores nucleares, incluindo pequenos reatores modulares. Entretanto, o Brasil não é autossuficiente no enriquecimento de urânio em larga escala, por isso parte do material enriquecido usado em usinas nucleares como Angra 1 e 2 precisa ser importado da França, Federação Russa e Estados Unidos.

## Recomendações

### 14. Conduzir uma revisão abrangente dos marcos institucionais, regulatórios e de mercado para garantir um sistema elétrico seguro, acessível economicamente e preparado para o futuro, que reconheça as contribuições e capacidades de todos os atores em um sistema diversificado

O sistema de geração de eletricidade brasileiro vem passando por uma mudança de um sistema centralizado baseado quase exclusivamente em energia hidrelétrica para um sistema diversificado, incluindo quantidades significativas de energia eólica e solar, além de usinas termelétricas. Essa diversificação é reconhecida por diminuir a vulnerabilidade do fornecimento de eletricidade em anos secos e como um meio de atender à crescente demanda por eletricidade (que deverá se expandir ainda mais nos próximos anos). No entanto, à medida que a diversificação aumenta, cresce também a necessidade de reconhecer as contribuições e capacidades dos diferentes agentes, e é necessário que haja uma remuneração adequada. Essa transição é fundamental para manter a eficiência de custos, a estabilidade do sistema e a segurança do fornecimento. Um estudo abrangente das estruturas requer uma abordagem comum e uma estratégia de longo prazo dos principais participantes centrais, incluindo a EPE, a

ANEEL e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), e pode incluir o desenvolvimento de novos mercados para serviços do sistema.

Há necessidade de um estudo abrangente das estruturas de mercado e de uma estratégia de longo prazo para revisar, por exemplo, como a energia hidrelétrica é usada e remunerada para aproveitar ao máximo a capacidade de despacho do recurso, bem como sua capacidade de armazenamento em barragens. Os recursos baseados em inversores também têm capacidades, principalmente em gerenciamento de geração de eletricidade reativa, que podem ser exploradas mais detalhadamente. Em combinação com armazenamento, isso também pode ser expandido para resposta de frequência rápida. A resposta da demanda com sistemas de bateria de reserva em data centers ou produção flexível de hidrogênio também pode ser contribuição valiosa, especialmente em um sistema com excedente ocasional. Com a crescente complexidade de um sistema diversificado que apresenta quantidades significativas e crescentes de geração distribuída e padrões de demanda em constante mudança, também pode haver a necessidade de evoluir a função das concessionárias de distribuição para um operador do sistema de distribuição ou introduzir a função de parte responsável pelo balanceamento. O desenvolvimento de uma função de operador de sistema de distribuição ou entidade similar também poderia ser aplicada a sistemas isolados.

## 15. Incentivar todas as formas de recursos de flexibilidade do sistema elétrico, incluindo a energia hidrelétrica existente e a resposta da demanda, para integrar grandes quantidades de energia eólica e solar fotovoltaica (FV) de forma segura e eficiente

A matriz de geração de eletricidade do Brasil está passando por uma grande mudança, com as fontes renováveis variáveis se expandindo muito rapidamente. [De acordo com previsões da AIE](#), a energia solar FV e eólica podem aumentar para quase 40% da geração total de eletricidade até 2030. Embora o Brasil tenha um sistema eficaz de planejamento e aquisição de rede, a construção e operação de novas linhas leva pelo menos sete anos. Há uma necessidade urgente de tomar medidas concretas que permitam e aumentem todas as formas de flexibilidade para abordar os crescentes problemas de restrição de geração, explorar a nova geração de VRE de forma eficaz e eficiente e manter os riscos de segurança sob controle.

O recente leilão de capacidade, que inclui disposições sobre flexibilidade, é um passo muito bom na direção certa de integrar a flexibilidade ao processo de planejamento energético. O Brasil poderia considerar a realização de leilões de flexibilidade em um futuro próximo como um meio de remunerar a flexibilidade, incluindo a resposta da demanda e os ativos hidrelétricos existentes. Muitas hidrelétricas já estão operando de uma forma diferente do passado, produzindo menos energia e oferecendo mais flexibilidade para acomodar energia eólica e solar, mas não são remuneradas pelas regras atuais de mercado.

## 16. Reformar o mercado varejista de eletricidade para refletir preços corretos e justos da eletricidade e do uso das redes, além de impulsionar a resposta da demanda

Dado o atual desenvolvimento do sistema de geração de eletricidade brasileiro, dois aspectos do mercado varejista se destacam: 1) a flexibilidade potencial dos consumidores finais é inibida; e 2) o risco de aumentos injustos de preços. Sinais corretos de preços de eletricidade são essenciais para criar incentivos tanto para a indústria quanto para os consumidores menores usarem o excedente de eletricidade, além de aliviar problemas de adequação. As mudanças no setor elétrico físico, incluindo as mudanças gerais nas fontes de geração e, especificamente, o aumento da energia fotovoltaica atrás do medidor, justificam mudanças no mercado de eletricidade e nos modelos tarifários. Atualmente, um grande volume de subsídios diretos e cruzados acaba nas tarifas do usuário final no mercado cativo. A publicação e implementação dos resultados de um estudo atualmente em andamento sobre opções de reforma de preços de eletricidade de curto prazo, visando aumentar a eficiência econômica, otimizar a alocação de recursos e fortalecer os sinais de preços, seria um bom ponto de partida. Testes contínuos de *sandbox* regulatório para novos modelos regulatórios são altamente louváveis e resultarão em experiência e conhecimento valiosos. Os resultados disso devem ser rapidamente implementados em uma revisão completa dos modelos tarifários, abordando a alocação correta de custos e incentivando os consumidores a fazer escolhas que também agreguem valor ao sistema elétrico, reconhecendo que os pequenos consumidores também podem ser um recurso poderoso em potenciais situações de escassez. As tarifas devem, por exemplo, promover o autoconsumo da geração fotovoltaica e refletir uma alocação correta dos custos. Isso poderia incluir uma separação entre tarifa de energia e tarifa de fio (uso da rede). Para criar preços justos e corretos, também é necessário revisar cuidadosamente os esquemas de subsídios impostos às tarifas de eletricidade.

## 17. Reformar o sistema de compensação de energia elétrica (*net metering*) da geração fotovoltaica distribuída para enfrentar as crescentes desigualdades e os sérios riscos à eficiência e à estabilidade do sistema elétrico

A reforma da estrutura de medição líquida é necessária para evitar o aumento das desigualdades na alocação de custos e a exposição de todo o sistema de geração de eletricidade a ineficiências econômicas não intencionais e riscos à estabilidade. Como em muitos outros países, a energia solar FV distribuída pode desempenhar um papel importante na transição energética renovável no Brasil, mas precisa ser gerenciada com cuidado para evitar impactos indesejados. O atual esquema de medição líquida é muito generoso e o plano de eliminação gradual é muito lento (2029), desencadeando a implantação em massa de energia solar FV distribuída. [A AIE prevê](#) que, com as regulamentações atuais, a energia solar FV em telhados dobraria para cerca de 70 GW até 2030. Se não for controlada, essa tendência terá repercussões negativas severas em todo o sistema de geração de eletricidade, tanto do ponto de vista econômico quanto técnico/de segurança.

Como parte dos custos da empresa de distribuição é paga com base na energia, com a demanda reduzida devido à geração distribuída, menos clientes (incluindo aqueles que não podem pagar pela instalação de um sistema fotovoltaico no telhado) pagam por todos os outros. Em alguns casos, os prosumidores também evitam pagar impostos. De fato, essa situação corresponde a “a energia solar em telhados tributando os mais carentes” e aumentando os subsídios cruzados favorecendo as camadas de renda mais alta da sociedade. Uma implantação descontrolada de energia solar FV em telhados também expõe todo o sistema de geração de eletricidade a riscos de *curtailment* e de estabilidade operacional. O sistema brasileiro está caminhando rapidamente para uma situação de restrição de geração, motivada pela demanda insuficiente e pelo excesso de geração de eletricidade solar em determinados horários e dias. Fontes limitadas — incluindo outras energias renováveis, como eólica ou hidrelétrica — não são compensadas, o que gera incerteza crescente para novos investidores. Isso também expõe o sistema a rampas de subida e descida mais acentuadas, que estão fora do controle das distribuidoras e do operador do sistema, podendo comprometer a estabilidade e a segurança em caso de falhas.

Embora a eliminação gradual esteja prevista em lei, o governo brasileiro deve pressionar por uma rápida reforma do projeto de medição líquida, alinhando-o às melhores práticas internacionais. Conforme já [indicado pela AIE em 2019](#), isso inclui uma transição progressiva para uma medição líquida balanceada por hora, com os prosumidores contribuindo para os custos fixos das empresas de distribuição de forma justa. O governo também deve incentivar a instalação de baterias “atrás do medidor” em novos sistemas fotovoltaicos em telhados para melhor alinhar a produção fotovoltaica com a demanda de eletricidade (como a refrigeração noturna) e reduzir desequilíbrios nos sistemas elétricos locais e nacionais. A adoção de baterias poderia ser incentivada por meio de tarifas horárias, que remunerariam o excedente da geração solar com base em seu valor para o sistema, por meio de mandatos, incentivos ou ambos. Por fim, o governo deve se esforçar para a digitalização completa dos medidores de energia, permitindo que os operadores do sistema tenham controle em caso de falha ou emergência.

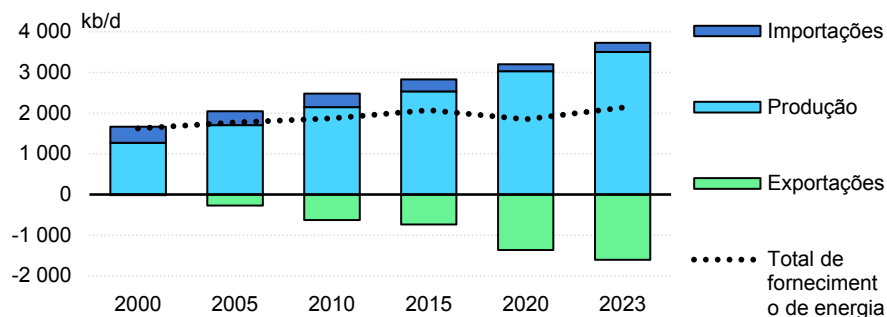
# Combustíveis

## Setor exploração e produção de óleo e gás

### Papel na economia

O setor de exploração e produção (E&P) de óleo e gás é um pilar da economia brasileira, gerando receitas fiscais significativas por meio de royalties, impostos e acordos de participação nos lucros. As receitas dos contratos de partilha de produção também apoiam programas sociais. Esses fundos são essenciais para serviços públicos e infraestrutura, especialmente em estados produtores de petróleo como o Rio de Janeiro e o Espírito Santo. Além das contribuições fiscais, o setor estimula a criação de empregos e a atividade econômica em vários setores, incluindo logística, engenharia e fabricação de equipamentos. Também fortalece a balança comercial do Brasil ao reduzir a dependência de importação de energia e impulsionar as receitas de exportação.

### Balança e comércio de petróleo bruto no Brasil, 2000-2023



AIE. CC BY 4.0.

Observação: kb/d = mil barris por dia.

Fonte: AIE (2025), [Informações sobre petróleo](#).

As políticas de conteúdo local também desempenharam um papel fundamental na formação do setor, especialmente após a descoberta de reservas de pré-sal em águas profundas em meados dos anos 2000. Essas políticas inicialmente exigiam que as operadoras cumprissem metas de conteúdo nacional, fomentando uma cadeia de suprimento robusta e apoiando setores como construção naval, serviços de campos petrolíferos e engenharia. Com o tempo, essas normas foram ajustadas para equilibrar a competitividade do mercado com o desenvolvimento da indústria local, incentivando a inovação e o crescimento estratégico, ao mesmo tempo em que reduziam os encargos de conformidade.

Além disso, as receitas da produção do pré-sal são canalizadas para o Fundo Social do Pré-Sal, que apoia programas de educação, saúde e desenvolvimento social. Embora não seja um mecanismo formal de transição justa, esses investimentos podem aumentar a resiliência socioeconômica e o capital humano em todo o país. O crescente foco do Brasil na inclusão social e na capacitação da força de trabalho reflete um esforço mais amplo para garantir que comunidades e trabalhadores estejam preparados para se adaptar à transição energética, abrindo caminho para o desenvolvimento sustentável na economia energética em evolução.

## Estrutura regulatória de exploração e produção

As atividades de exploração e produção no Brasil são regidas por uma estrutura regulatória robusta. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis supervisiona e regula o setor, gerenciando rodadas de licitação e fiscalizando o cumprimento de padrões técnicos e ambientais.

O setor *de E&P* opera sob dois sistemas distintos: o regime de concessão e o regime de partilha de produção. No regime de concessão, normalmente aplicado em áreas de exploração convencionais, as empresas têm a propriedade do óleo e gás que produzem em troca de contribuições financeiras, como royalties e impostos. Já o regime de partilha de produção se aplica a áreas estratégicas, como as bacias do pré-sal. Nesse sistema, o governo mantém a propriedade dos recursos extraídos e as empresas são compensadas com uma parcela pré-definida da produção. Essa estrutura dupla oferece flexibilidade para adaptar os termos do contrato às características e à importância estratégica de diferentes áreas de exploração.

O licenciamento ambiental, um aspecto crucial das operações petrolíferas no Brasil, é supervisionado por agências federais e estaduais, incluindo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para projetos offshore.

As empresas são obrigadas a realizar avaliações de impacto ambiental e implementar medidas de mitigação para minimizar os riscos aos ecossistemas. Planos de resposta a emergências para potenciais derramamentos de petróleo também são obrigatórios incluindo os Planos de Emergência Individuais (PEI) exigidos no licenciamento ambiental e, em situações de maior relevância, as medidas previstas no Plano Nacional de Contingência (PNC).

A Resolução nº 8 do CNPE estabelece diretrizes estratégicas para a descarbonização da exploração e produção de petróleo e gás natural. Ela promove a adoção de tecnologias avançadas, práticas eficientes e a redução da queima rotineira e das emissões de metano. A Deliberação também enfatiza a transparência nos relatórios de emissões e exige estudos para avaliar os caminhos e impactos da descarbonização dentro de 180 dias, alinhando-se aos compromissos climáticos globais.

Medidas recentes foram propostas para agilizar os processos de licenciamento e, buscar o reforço das salvaguardas ambientais. Isso inclui iniciativas de monitoramento mais rigoroso das emissões de metano e queima durante a produção. Esses esforços visam alinhar o setor de óleo e gás com as metas de sustentabilidade do Brasil, ao mesmo tempo em que podem fortalecer sua posição como um destino atraente para investimentos internacionais.

## Estrutura da indústria

A Petrobras, estatal de petróleo, continua sendo a empresa dominante no setor de *E&P* no Brasil, particularmente na exploração e produção do pré-sal. A empresa é responsável por uma parcela significativa da produção nacional e continua a ser pioneira em avanços tecnológicos na exploração de águas ultra profundas. A Petrobras<sup>3</sup> anunciou recentemente seu Plano de Negócios 2025-2029 e seu Plano Estratégico 2050. O Plano de Negócios 2025-2029 descreve um investimento de US\$ 111 bilhões, com US\$ 77 bilhões alocados para exploração e produção; US\$ 20 bilhões para refino, transporte e comercialização; US\$ 3 bilhões em despesas corporativas; e US\$ 11 bilhões para gás e energia de baixo carbono. No entanto, o

---

<sup>3</sup>A Petrobras é uma empresa de economia mista controlada pelo governo federal brasileiro, que detém diretamente 50,26% de suas ações ordinárias. Por meio de entidades como o BNDES, o governo mantém uma participação indireta de 18,48% nas ações preferenciais e 7,94% do capital social total. A estrutura de governança corporativa inclui uma Assembleia Geral de Acionistas, um Conselho Fiscal, um Conselho de Administração com comitês e uma Diretoria Executiva liderada por um presidente e oito diretores.

plano não especifica quanto será destinado à energia de baixo carbono. A Petrobras pretende manter seu papel na oferta de energia e no desenvolvimento econômico do Brasil, aumentando a produção de 4,3 EJ em 2022 para 6,8 EJ até 2050, mantendo uma participação de 31% na oferta de energia primária do país.

Ao mesmo tempo, as empresas petrolíferas internacionais estão desempenhando um papel cada vez mais importante nas atividades de E&P do Brasil, trazendo investimentos de capital e conhecimento técnico. Essas colaborações levaram a uma maior eficiência e inovação no desenvolvimento de projetos offshore complexos, reforçando a posição do Brasil como líder global na produção de petróleo e gás.

Por fim, embora o Brasil tenha assinado a “Carta de Cooperação” da OPEP+, o país não está sujeito a cotas de produção.

## Reservas

As reservas de petróleo do Brasil cresceram significativamente nos últimos anos, impulsionadas pelos avanços na exploração e produção nas bacias do pré-sal. Em 2023, as reservas comprovadas de petróleo (1P) aumentaram 7,0% em relação ao ano anterior. As reservas comprovadas e prováveis (2P) cresceram 3,8% e as reservas totais (3P), 2,3%. Somente a Petrobras adicionou 1,5 bilhão de barris de petróleo equivalente (boe) às suas reservas, principalmente por meio de descobertas nos campos de Búzios, Tupi e Atapu, na Bacia de Santos. Essas adições elevaram as reservas provadas totais da Petrobras para 10,9 bilhões de boe, garantindo mais de 12 anos de produção nos níveis atuais. Prevê-se que as bacias do pré-sal dominem a produção de petróleo do Brasil, contribuindo com 76% da produção nacional até 2034. No entanto, a maior parte desse crescimento dependerá dos recursos existentes, o que reforça a necessidade de investimentos contínuos em exploração para sustentar os níveis de produção além de 2030, quando a produção de petróleo deverá atingir o [pico de 5,3 milhões de barris \(mb/d\) por dia](#).

Para mitigar o declínio natural de campos maduros e sustentar a produção a longo prazo, o Brasil precisaria expandir os esforços exploratórios, particularmente no pré-sal, ao mesmo tempo em que avança em áreas de fronteira, como a Margem Equatorial. A Resolução CNPE 17 (junho de 2017) estabeleceu a Política de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural, fornecendo uma estrutura para dar suporte às atividades exploratórias contínuas. Esta política inclui um plano plurianual para a oferta de áreas de exploração e enfatiza medidas como estudos de atratividade de bacias, simplificação regulatória, e maior previsibilidade nos

processos de licenciamento ambiental visando à promoção da exploração em regiões de fronteira. Essas ações visam equilibrar os esforços entre a otimização da produção de ativos maduros, como os campos offshore pós-sal em declínio na Bacia de Campos, e a busca por novas reservas.

Na Bacia de Campos, muitos campos do pós-sal que foram essenciais para a produção de petróleo do Brasil até o início dos anos 2000 agora enfrentam declínios devido ao esgotamento dos reservatórios e à redução do investimento em técnicas de recuperação.

## Exploração de petróleo na Margem Equatorial

A exploração da Margem Equatorial brasileira, que se estende do Nordeste ao Norte do país, em especial na região offshore do Estado do Amapá, tornou-se um dos temas mais complexos e debatidos no setor energético. Embora a área possa apresentar grandes oportunidades econômicas, incluindo criação de empregos, investimentos e segurança energética, preocupações ambientais têm gerado debates. O MME e a Presidência da República priorizaram a aceleração dos esforços de perfuração da Petrobras na região e estão tentando viabilizar o projeto, o que depende do licenciamento ambiental pertinente.

Há resistência de entidades ambientais, incluindo o Ministério do Meio Ambiente e o órgão regulador ambiental, IBAMA, que já negou solicitações de licença de perfuração da Petrobras. O IBAMA citou a necessidade de mais avaliações de impacto ambiental e medidas de conformidade. Os esforços da empresa petrolífera para abordar essas preocupações incluem planos para estabelecer uma base de resposta a emergências perto do bloco FZA-M-59 para aumentar a preparação. Apesar desses esforços, as tensões persistem dentro do governo, destacando os desafios de conciliar o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental. O IBAMA analisa um adendo ao pedido apresentado pela Petrobras que pode viabilizar a concessão da licença. Esse debate ocorre em contexto mais amplo, onde o Brasil exerce liderança nas discussões climáticas globais, como demonstrado por sua presidência do G20, onde defendeu a continuidade dos investimentos em combustíveis fósseis para economias emergentes. Com as reservas de petróleo do pré-sal do Brasil diminuindo e o pico de produção previsto para 2030, a Margem Equatorial da Amazônia é vista como vital para garantir a segurança energética e o desenvolvimento econômico. No entanto, o momento e a abrangência dessas atividades continuam controversos.

## Redução de gases de efeito estufa

A redução das emissões de GEE no setor de óleo e gás do Brasil é uma prioridade fundamental alinhada aos compromissos climáticos internacionais e às metas de transição energética do país. Várias medidas, tanto regulatórias quanto operacionais, foram implementadas para abordar as emissões da exploração, produção e atividades associadas. O setor de óleo e gás do Brasil tem uma intensidade média de emissões bem abaixo da média mundial.

O metano, com um potencial de aquecimento global muito maior que o CO<sub>2</sub>, é um foco das políticas climáticas do Brasil. Como parte do Compromisso Global sobre Metano adotado na COP26, o Brasil se comprometeu a trabalhar em conjunto com outros participantes para reduzir coletivamente as emissões de metano em pelo menos 30% abaixo dos níveis de 2020 até 2030. As empresas de óleo e gás estão atualmente sujeitas a requisitos de licenciamento, bem como a restrições de queima. O Conselho Nacional de Política Energética publicou recentemente uma [resolução](#) para promover a descarbonização das operações de óleo e gás, incluindo a mitigação das emissões de metano como um objetivo da Política Energética Nacional do Brasil, e encarregou a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis de tomar medidas para limitar as emissões fugitivas de metano durante a exploração e o desenvolvimento de óleo e gás. A EPE publicou recentemente uma [nota técnica](#) sobre emissões de metano provenientes da cadeia de produção de gás natural, demonstrando que muitas opções de mitigação são economicamente viáveis. Essas iniciativas são passos positivos para mitigar o impacto ambiental das emissões de metano das operações de óleo e gás.

O Brasil fez avanços significativos na implantação de tecnologias CCUS no setor de óleo e gás, particularmente em regiões do pré-sal com altas concentrações de CO<sub>2</sub> nos reservatórios. Iniciativas como a reinjeção de carbono em poços foram implementadas com sucesso em campos como o Campo de Lula, onde o CO<sub>2</sub> extraído é armazenado em formações geológicas profundas. A Petrobras lidera muitos desses projetos, que são apoiados por programas de P&D financiados por royalties do petróleo. Esses projetos não apenas mitigam as emissões, mas também melhoram a recuperação de petróleo.

Para minimizar a intensidade de carbono durante a produção de petróleo e gás, o Brasil adotou medidas para reduzir a queima de gases e melhorar a eficiência energética. O gás natural associado à produção de petróleo tem sido cada vez mais aproveitado em vez de desperdiçado, refletindo as melhores práticas globais.

Tecnologias avançadas em operações offshore otimizam os processos de produção, reduzindo ainda mais as emissões.

## Recomendações

### 18. Avaliar políticas de exploração e produção (E&P) mais direcionadas e sensíveis às realidades regionais para incentivar uma participação mais ampla na exploração e produção, e para promover um desenvolvimento equilibrado do setor de óleo e gás para a sociedade brasileira

Há necessidade de investimentos substanciais na transição energética, mas também em outros setores da economia brasileira. O desenho geral da política energética deve levar isso em consideração e elaborar políticas que aumentem a eficiência da economia brasileira, ao mesmo tempo em que abordam as necessidades distributivas para a redução das desigualdades. A atividade econômica e a arrecadação de impostos do setor de petróleo e gás podem contribuir para o desenvolvimento socioeconômico no contexto da transição energética. Isso requer um setor de óleo e gás robusto que opere com máxima eficiência e, considerando também o papel do setor de E&P no apoio ao desenvolvimento econômico regional. Nesse sentido, níveis mais altos de IED podem ser uma fonte de maior capacidade de investimento em E&P. Ao aumentar a eficiência no setor de petróleo e gás e assegurar o desenvolvimento economicamente viável dos recursos de petróleo e gás, as receitas atuais e futuras podem ser uma importante fonte de financiamento para a transição energética. Em especial, permitir a entrada de mais empresas petrolíferas estrangeiras no *E&P* para exploração e desenvolvimento de campos pode reduzir a necessidade de subsídios e incentivos fiscais que podem ter efeitos distorcivos sobre a economia. O aumento do IED também pode ampliar o espaço fiscal para investimentos domésticos em outros setores, ao mesmo tempo em que mantém as externalidades positivas que o óleo e gás proporcionam à economia brasileira (incluindo empregos, pesquisa, novas tecnologias e receitas). A participação de um conjunto mais amplo de empresas na exploração e desenvolvimento de novos campos também pode resultar em maior inovação e capacidade financeira para desenvolver novas áreas.

## 19. Incentivar as empresas de óleo e gás a destinarem uma parcela maior de seus investimentos anuais para pesquisa, desenvolvimento e demonstração (P,D&D), com maior foco em tecnologias de baixo carbono

O Brasil enfrenta o desafio complexo de equilibrar sua dependência econômica do setor de óleo e gás com a necessidade urgente de transição para um futuro energético mais limpo e sustentável. A indústria de óleo e gás desempenha um papel crucial na economia brasileira, gerando receitas e empregos significativos. Esses recursos são fundamentais para financiar a transição energética que acabará remodelando o cenário energético. O setor de óleo e gás tem, portanto, um papel importante a desempenhar no contexto da transição energética brasileira. O Brasil precisará adotar uma abordagem estratégica e equilibrada que aproveite os pontos fortes existentes no setor e, ao mesmo tempo, impulse a inovação e o investimento em descarbonização e tecnologias limpas.

Uma opção seria incentivar as empresas de óleo e gás a alocar uma porcentagem de seus investimentos anuais (por exemplo, até 3%) para PD&D, oferecendo deduções fiscais correspondentes. Essas deduções fiscais dependeriam de PD&D relevante tanto para atividades de óleo e gás (por exemplo, 50%) quanto para medidas de tecnologia de baixo carbono (por exemplo, 50%). Essa abordagem baseada em incentivos reconhece a importância de promover um ambiente colaborativo onde as empresas de óleo e gás sejam encorajadas, em vez de obrigadas, a participar da transição energética. As deduções fiscais oferecem um benefício tangível, motivando as empresas a investir em inovação alinhada às metas nacionais de descarbonização e, ao mesmo tempo, apoiando suas principais atividades comerciais. As empresas podem escolher o nível de investimento em PD&D que melhor se adapta às suas circunstâncias individuais, promovendo um ecossistema de inovação mais dinâmico e responsivo. Essa estrutura de incentivo continuaria orientando a PD&D para áreas cruciais, como CCUS, biocombustíveis avançados e produção de hidrogênio, porém permitiria às empresas maior flexibilidade na forma como buscam esses objetivos. Ela também reconheceria que as empresas de óleo e gás possuem conhecimento e recursos valiosos que podem ser efetivamente aproveitados por meio de incentivos positivos em vez de mandatos rígidos. Essa abordagem tem mais chance de promover uma parceria sustentável de longo prazo entre o setor de óleo e gás e o esforço mais amplo de transição energética.

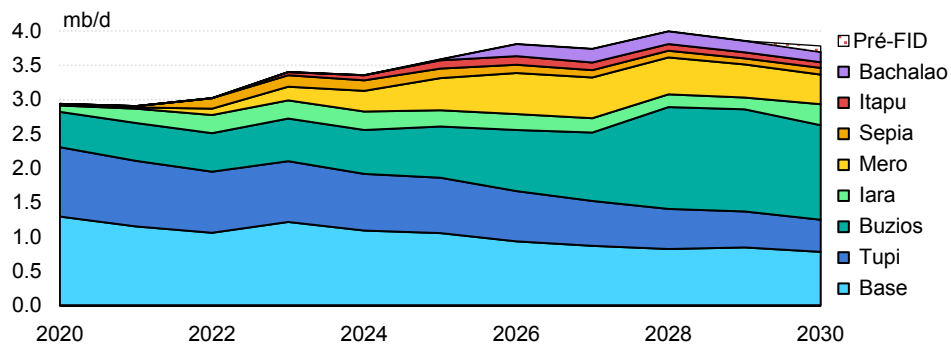
# Mercado petrolífero

## Perspectivas da produção de petróleo bruto

O Brasil é um grande produtor e consumidor de petróleo, desempenhando um papel fundamental no cenário energético global. O setor petrolífero do país é uma das indústrias mais dinâmicas da economia, sustentado por extensas atividades de exploração e produção, especialmente em águas profundas, lideradas pela Petrobras, a estatal petrolífera brasileira. O crescimento da produção brasileira foi impulsionado principalmente pela camada pré-sal, localizada nas profundezas do Atlântico, que consolidou o país como líder global na produção de petróleo offshore. Além disso, a Margem Equatorial Brasileira apresenta novas possibilidades de exploração, embora com obstáculos ambientais e regulatórios a serem superados.

A produção de petróleo do Brasil deverá atingir o pico na próxima década, com as reservas do pré-sal continuando a impulsionar a maior parte da produção. À medida que os campos nas Bacias de Santos e Campos amadurecem, a manutenção dos níveis de produção exigirá o avanço dos esforços de exploração em novas áreas, como a Margem Equatorial no Norte, bem como a injeção contínua de CO<sub>2</sub> para recuperação avançada de petróleo, perfuração de poços para redução de espaçamento (*infill wells*) e intervenções em poços existentes. Isso destaca a necessidade de investimentos contínuos em tecnologia e inovação para manter a competitividade e a segurança energética. Ao mesmo tempo, o país enfrenta desafios para equilibrar o crescimento da produção com seus compromissos de longo prazo com a sustentabilidade e a descarbonização.

### Produção de petróleo por campo petrolífero, histórica (2020-2024) e projeções (2025-2030) no Brasil



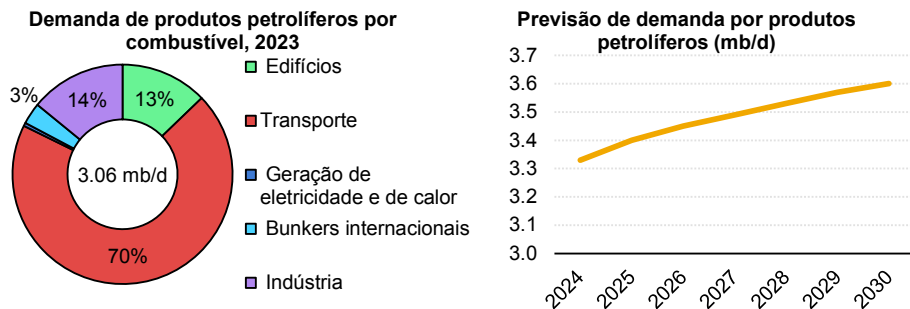
AIE. CC BY 4.0.

Fonte: AIE (2025), [Petróleo 2025](#).

## Oferta e demanda de derivados de petróleo

Os derivados de petróleo estão entre as fontes mais importantes de demanda de energia no Brasil, representando 42% do consumo final total, desempenhando papéis críticos especialmente nos setores de transporte e industrial. O óleo diesel lidera a demanda por derivados de petróleo (46% em 2022), seguido pela gasolina (23%), com participações menores do querosene de aviação, GLP e outros combustíveis. A demanda por derivados de petróleo tem apresentado crescimento constante ao longo do tempo, refletindo a crescente dependência desses combustíveis para atender às necessidades energéticas do país.

## Demanda de derivados de petróleo por combustível (2023) e previsão (2024-2030) no Brasil



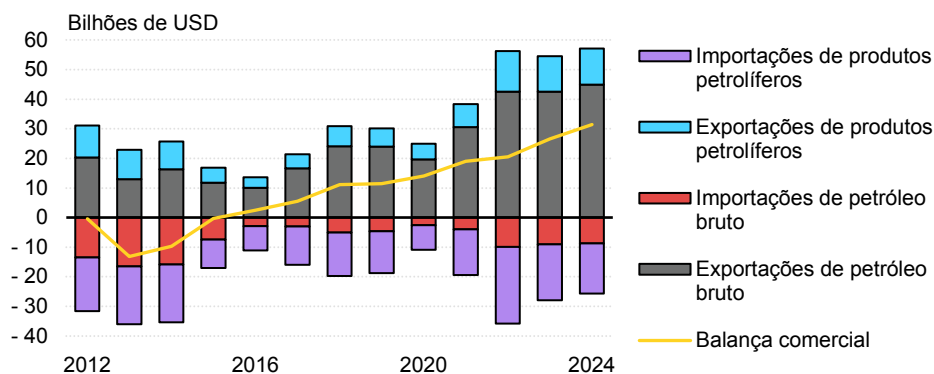
AIE. CC BY 4.0.

Fontes: AIE (2025), [Informações sobre petróleo](#); AIE (2025), [Petróleo 2025](#).

## Comércio de petróleo

Após anos de saldo negativo, o Brasil alcançou uma balança comercial positiva em petróleo e derivados a partir de 2016. O principal impulsionador dessa mudança foi o crescimento da produção nacional de petróleo bruto e a consequente redução da dependência de importações, o que aumentou o superávit comercial para US\$ 11,4 bilhões em 2019. Em 2023, a balança comercial de petróleo e derivados atingiu o recorde de US\$ 21 bilhões, impulsionada pela maior produção nacional de petróleo bruto e preços elevados em comparação aos anos recentes. Em 2024, as vendas internacionais de petróleo bruto totalizaram US\$ 44,8 bilhões, tornando-se o maior contribuinte para a balança comercial do Brasil, respondendo por 13,3% do total das exportações do país. Entretanto, embora o Brasil tenha um superávit comercial considerável de petróleo bruto, ele continua sendo um importador líquido de derivados de petróleo.

## Evolução da balança comercial de petróleo bruto e derivados de petróleo no Brasil, 2012-2024



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: Análise da AIE baseada no [Instituto Brasileiro de Petróleo](#) (2023) (acessado junho 2025).

## Setor de *downstream*

Em 2023, a produção nacional representou aproximadamente 94% da oferta de petróleo bruto do Brasil, com importações cobrindo os 6% restantes, de acordo com a EPE. Da oferta total de petróleo bruto, 56% foi refinado internamente, enquanto 44% foi exportado. Os derivados de petróleo atendem principalmente a fins energéticos, com 92% do consumo final relacionado à energia, dos quais 72% são usados no setor de transportes.

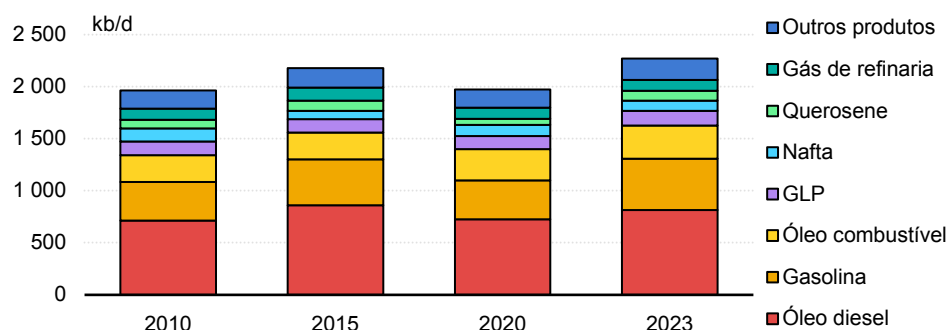
A cadeia de suprimento do Brasil é apoiada por uma infraestrutura robusta composta por 18 refinarias com capacidade combinada de 2,3 mb/d e uma unidade de processamento de xisto (Paraná Xisto), que processa 6,1 mil toneladas por dia. O setor de *downstream* tem sido historicamente dominado pela Petrobras, que deteve quase um monopólio por um longo período. Hoje, ela continua sendo de longe a empresa dominante, com 78% de participação de mercado.

A infraestrutura de transporte de petróleo e derivados inclui oleodutos, terminais, rodovias e ferrovias. Em 2023, o Brasil operava 67 terminais marítimos e 60 terminais terrestres, com um total de 2.425 tanques de armazenamento. A rede de oleodutos abrange aproximadamente 20.400 quilômetros, dando suporte ao transporte de petróleo, gás natural, etanol e derivados.

O setor de refino do Brasil está passando por uma modernização significativa, impulsionado por investimentos substanciais que visam melhorar a eficiência operacional e energética. A Petrobras, por meio do programa RefTOP, destinou US\$ 776 milhões para melhorar o desempenho de seus ativos de refino, com foco em produtos de alto valor agregado e baixo carbono. Além disso, a empresa planeja investir US\$ 11,5 bilhões em projetos que incluem energia eólica *onshore* e *offshore*, CCUS, P&D de hidrogênio e expansão de iniciativas de biorrefino.

No Brasil, o Trem 1 da Refinaria Abreu e Lima (RNEST) está operacional, com um projeto de modernização proposto para expandir a capacidade de 115 kb/d para 130 kb/d até o final de 2024. A ampliação do Trem 2, paralisada desde 2015, foi retomada e deve entrar em operação em 2028. Essa expansão está alinhada ao programa mais rigoroso de controle da poluição do ar no Brasil para veículos pesados e veículos comerciais leves, transformando refinarias existentes e melhorando a qualidade do óleo diesel. A expansão dessas refinarias, em conjunto com o crescimento do setor de biocombustíveis, deverá reduzir as necessidades de importação de óleo diesel e gasolina do Brasil em quase 250 kb/d até 2030.

### Produção de derivados de petróleo por tipo de combustível no Brasil, 2010-2023



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: AIE (2025), [Informações sobre petróleo](#).

As projeções do PDE 2034 indicam aumento na oferta e demanda por derivados de petróleo no Brasil na próxima década e avanços significativos estão previstos para descarbonizar as refinarias e a infraestrutura de logística de petróleo. Os investimentos se concentram na redução das emissões de GEE no refino, com metas

específicas adotadas pelas empresas. Alternativas de baixo carbono proeminentes que estão sendo estudadas incluem o uso de eletricidade de baixo carbono, hidrogênio de baixas emissões e biogás ou biometano em processos de refino.

## Política de emergência para escassez de óleo

Embora o Brasil seja um grande exportador de petróleo bruto, sua capacidade de refino é insuficiente para atender à demanda interna por derivados de petróleo, necessitando de importações de produtos como GLP, nafta, gasolina, combustível de aviação e óleo diesel. A avaliação de risco do governo destaca a confiabilidade da infraestrutura e os gargalos portuários, greves de trabalhadores do petróleo e eventos climáticos extremos como principais fatores de risco locais para a oferta de derivados de petróleo.

A Lei do Petróleo reforça o papel do governo na garantia do fornecimento de petróleo e seus derivados em todo o país. A lei autoriza o governo federal, em colaboração com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a alocar recursos públicos e supervisionar o desenvolvimento de reservas estratégicas para emergências. Além disso, o Sistema Nacional de Estoque de Combustíveis (SINEC) exige que os agentes da indústria mantenham estoques emergenciais de combustível com base nas previsões de consumo e produção, garantindo prontidão para lidar com possíveis interrupções.

O SINEC foi criado em 1991 em resposta à crise global de oferta de petróleo desencadeada pela Guerra do Golfo. O sistema é composto por dois componentes principais: 1) reservas estratégicas para garantir a oferta de petróleo bruto e etanol para uso combustível; e 2) estoques operacionais de combustível, destinados a manter a oferta regular de derivados de petróleo. O Presidente da República deve submeter ao Congresso Nacional, no âmbito do Projeto de Lei de Diretrizes Orçamentárias, um Plano Estratégico Anual de Estoque de Combustíveis. Este plano inclui: Objetivos do SINEC; Prioridades do SINEC; e projeções de recursos financeiros para manutenção das reservas estratégicas.

Em 2002, o SINEC produziu seu primeiro relatório, que recomendou ao CNPE que o Brasil não estabelecesse reservas estratégicas de petróleo bruto, GLP, gasolina A, óleo diesel A, combustível de aviação (QAV) ou óleo combustível. Desde então, o MME tem priorizado políticas voltadas à garantia do abastecimento de combustíveis, sem recorrer a reservas estratégicas, considerando a crescente produção de petróleo do Brasil. Até hoje, o estado do Brasil como exportador líquido de petróleo

bruto continua sendo a principal justificativa para o Brasil não estabelecer reservas estratégicas de petróleo. O último relatório anual do SINEC (para 2023), publicado em outubro de 2024, reconfirmou essa avaliação, destacando que alguns países exportadores líquidos da AIE (Canadá) não possuem reservas estratégicas de petróleo.

Um grupo de trabalho permanente (GTP/SINEC), criado em 2013 em decorrência de escassez localizada de derivados de petróleo, avalia e identifica anualmente as ações necessárias para o funcionamento eficaz do SINEC. Isso inclui avaliar anualmente a necessidade de reservas estratégicas de petróleo bruto e etanol para fins energéticos, bem como estoques operacionais de combustível. Até o momento, apesar de observar a crescente dependência do Brasil de combustíveis líquidos importados e gargalos de infraestrutura nos portos, a avaliação contínua do GTP/SINEC é que o Brasil não necessita de nenhum estoque estratégico. Para lidar com a escassez local, no entanto, a ANP, agência reguladora, emitiu deliberações determinando o estabelecimento de estoques operacionais regionais para óleo diesel, gasolina, combustível de aviação e GLP.

Desde 2022, a ANP exige que diversas entidades regulamentadas, incluindo distribuidores de combustível, refinadores, produtores de biodiesel e operadores de terminais enviem relatórios diários sobre seus estoques de combustível. Esta deliberação permite à ANP monitorar a disponibilidade de combustível, possibilitando atuação preventiva em caso de riscos de fornecimento. Os dados abrangem quase 1.800 instalações em todo o Brasil, consolidando informações sobre estoques nacionais de combustíveis.

## Recomendações

### 20. Simplificar o marco institucional para que a exigência de estoque operacional possa mitigar vulnerabilidades externas decorrentes da dependência de importação de combustíveis

O Brasil já adotou medidas importantes para reforçar a segurança energética, como a criação de um sistema de estoque operacional regulado pela ANP e pela diversificação das fontes de combustível por meio de biocombustíveis. No entanto, o mercado brasileiro é exportador de petróleo bruto e importador da maioria dos

produtos refinados. Para alguns derivados de petróleo essenciais para a economia brasileira (especialmente o óleo diesel), a dependência de importação é significativa (>20%) e está exposta a riscos geopolíticos. A atual Lei de Estoques Estratégicos se limita à propriedade direta do governo sobre petróleo bruto e etanol, e a criação de um estoque de propriedade do governo teria um custo fiscal considerável. No entanto, um mecanismo para refletir o risco estratégico em torno da dependência de importação de produtos refinados deve ser explorado, dados os altos níveis de dependência de importação.

A implementação pragmática pela ANP da Lei de Estoques Operacionais por meio de uma exigência aos produtores e distribuidores de combustíveis teve como objetivo gerenciar o risco de interrupção da logística/cadeias de suprimento nacionais. Cerca de 100 empresas produzem e distribuem combustíveis que estão sujeitos à obrigação de retenção, que estipula níveis de estoque requeridos com base na extensão das cadeias de suprimento nacionais relacionadas. As obrigações são de um nível equivalente a três a dez dias de vendas internas de uma empresa, dependendo do combustível e do estado em que as vendas são feitas. O governo acredita que o nível seja aproximadamente equivalente a 40 dias de importações.

Uma opção pragmática seria simplificar a estrutura institucional para combinar as responsabilidades do SINEC e da ANP e ajustar o sistema de estoque para também levar em conta a dependência de importação de produtos refinados e o risco de interrupções internacionais. Embora a manutenção de estoques represente um custo adicional na cadeia de combustíveis, geralmente repassado aos consumidores, é essencial reconhecer a importância estratégica de manter estoques de emergência. Este princípio é semelhante ao seguro: uma medida necessária para proteger contra potenciais interrupções no fornecimento. Portanto, será necessário realizar um estudo robusto e abrangente de avaliação de riscos, mas garantir a segurança do suprimento de óleo diesel é particularmente importante, dadas as restrições na infraestrutura do Brasil, especialmente para centros de consumo distantes das instalações de importação costeiras.

## 21. Formalizar um plano nacional de resposta a emergências para crises de abastecimento de combustíveis

O plano deve estabelecer uma série de medidas que o governo pode adotar para apoiar a logística de abastecimento da indústria, priorizar o fornecimento de serviços essenciais e reduzir a demanda total.

O governo brasileiro fez bons progressos no desenvolvimento de processos para gerenciar emergências na oferta de combustível. A AIE saúda a adoção em 2023 de um Protocolo de Crise para emergências energéticas, que permite a coordenação da ação governamental entre diferentes ministérios e outras agências estaduais, e o papel da ANP no monitoramento do mercado de combustíveis e do mecanismo de alerta de abastecimento. A estrutura facilitou o compartilhamento de consciência situacional e a adoção de medidas com prazo determinado durante as inundações de 2024 para possibilitar flexibilidade nas taxas de mistura de biocombustíveis e a priorização de combustíveis para serviços de emergência municipais. No entanto, falta um plano nacional de emergência que abranja outras opções de medidas de resposta e planos de contingência, como a redução da demanda.

Da mesma forma, a AIE valoriza a instituição de uma reunião mensal das partes interessadas no setor elétrico para analisar o estado do sistema, identificar riscos e garantir o compartilhamento de informações. Esse fórum foi utilizado durante a seca de 2022 para implementar medidas de resposta ad hoc, como uma regulamentação temporária sobre a operação de determinadas usinas hidrelétricas.

Formalizar um processo de avaliação de risco e um Plano Nacional de Emergência com conjuntos de medidas para combustíveis e setores, incluindo medidas para redução de demanda ou racionamento, facilitaria uma resposta oportuna a quaisquer crises futuras. O Plano Nacional de Emergência deve ser periodicamente revisado, acompanhando a evolução do mercado de energia, como o crescimento de biocombustíveis e outros combustíveis de baixo carbono.

## Mercado de gás natural

O setor de gás natural do Brasil vem passando por reformas transformadoras desde 2019, no âmbito do programa Novo Mercado de Gás, que visa aumentar a concorrência, reduzir custos e atrair investimentos privados. As principais medidas

incluem a desagregação da propriedade de gasodutos, permitindo o acesso não discriminatório de terceiros e aumentando a transparência nos preços. Espera-se que essas reformas criem um mercado de gás mais dinâmico e eficiente, ao mesmo tempo que reduzam o domínio histórico da Petrobras.

O gás natural é um pilar da estratégia de transição energética do Brasil, considerado um combustível de transição, contribuindo para a estabilidade do sistema de geração de eletricidade nos curto e médio prazos, enquanto as fontes renováveis se expandem e as cadeias de oferta de hidrogênio de baixas emissões são desenvolvidas. A expansão da infraestrutura, incluindo novos terminais de GNL e redes de gasodutos, está melhorando o acesso ao gás natural em regiões carentes. Além disso, a integração do biometano na rede de gás natural está sendo explorada, apoiando ainda mais os objetivos de descarbonização do Brasil.

O mercado de gás natural do Brasil está evoluindo como um componente crítico da estratégia energética do país. O governo brasileiro tem trabalhado para reduzir as assimetrias de informação em toda a cadeia de valor do gás natural para apoiar reformas que visem melhorar a sinalização de preços no mercado. No âmbito desses esforços, o “Programa Gás para Empregar” foi lançado para aumentar o fornecimento doméstico, reduzir as taxas de reinjeção e enfrentar desafios de mercado, como altos custos de infraestrutura e concorrência limitada. O Programa também integra o gás natural à transição energética nacional mais ampla, visando alavancar sinergias com tecnologias de baixo carbono, como biogás, biometano e hidrogênio. Esforços para atingir essas metas levaram a avanços regulatórios estratégicos, como o decreto de 2024 que estabeleceu o Plano Nacional Integrado de Infraestruturas de Gás Natural e Biometano. Essas ações ressaltam o comprometimento do governo em aumentar os retornos econômicos e sociais da produção de gás natural no Brasil.

Como resultado chave, o Decreto nº 12.153/2024 instituiu o Plano Nacional de Infraestrutura de Gás Natural e Biometano para integrar estratégias de expansão da oferta, demanda e infraestrutura. A EPE, com participação da ANP, é responsável pela elaboração do Plano, incorporando contribuições de consultas públicas e dados de mercado. Essas iniciativas visam criar um mercado mais transparente e eficiente, aproveitando a contribuição das partes interessadas e o planejamento de infraestrutura para otimizar o desenvolvimento de gás natural e biometano no Brasil.

A produção e a infraestrutura brasileira de gás natural estão prontas para um crescimento significativo. Em 2023, o gás doméstico representou mais de 78% da

oferta total de gás, contribuindo com 8,4% para a OTE do país. A produção bruta de gás natural deverá atingir 315 milhões de metros cúbicos por dia (ou 115 bcm/ano) até 2034, com as áreas do pré-sal respondendo por cerca de 80% dessa produção. A produção líquida deverá aumentar em 158% em relação aos níveis de 2023 até o final da década. Junto com o crescimento da produção, o Brasil está expandindo sua infraestrutura de transmissão de gás natural para reduzir a dependência de importações, principalmente da Bolívia, cuja capacidade de fornecimento vem diminuindo devido a investimentos limitados. O armazenamento de gás natural, há muito negligenciado, agora está ganhando atenção no novo mercado de gás do Brasil como uma solução flexível para geração térmica de eletricidade, balanceamento da pressão de gasodutos e redução da reinjeção de gás. Diferentemente dos padrões sazonais de demanda, a demanda por gás natural no Brasil varia de acordo com as necessidades das usinas térmicas, que são influenciadas pela geração de energia hidrelétrica. A volatilidade da energia hidrelétrica aumentou nos últimos anos devido a secas e fatores climáticos.<sup>4</sup> Para incentivar o investimento em infraestrutura de armazenamento, a Nova Lei do Gás substituiu o sistema de concessão por um regime de autorização, agilizando o processo de aprovação. Além disso, sete terminais de regaseificação de GNL estão operacionais, aumentando a flexibilidade e a confiabilidade do sistema de fornecimento de gás.

O mercado de gás natural no Brasil é estruturado em vários segmentos, com grandes players como Petrobras, Shell Brasil e TotalEnergies liderando a exploração e a produção. Os gasodutos de transporte são operados por empresas regionais, como a COMGAS e a CEGAS, garantindo a disponibilidade de gás natural em todo o país. Medidas regulatórias notáveis incluem a liberalização do mercado por meio de alienações de ativos da Petrobras, aumentando a concorrência, permitindo o acesso de terceiros e a transparência nos mecanismos de precificação.

Políticas estratégicas estão promovendo a acessibilidade e a disponibilidade do gás natural aos usuários finais. Além disso, os investimentos em tecnologias de baixo carbono e a potencial integração do biometano à rede de gás natural estão moldando a transição do Brasil para uma matriz energética mais sustentável. Essas medidas, somadas a impactos econômicos significativos, como criação de empregos e crescimento do PIB, ressaltam o papel do gás natural no cenário energético e no desenvolvimento socioeconômico do Brasil. De fato, o gás natural

---

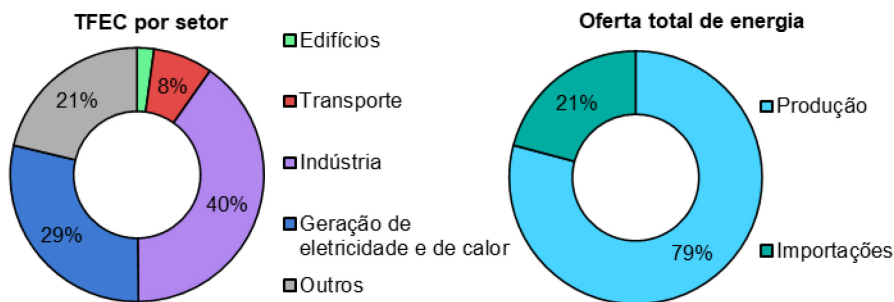
<sup>4</sup>Atualmente, não há nenhuma instalação de armazenamento subterrâneo em operação no Brasil.

desempenha um papel vital no sistema energético do Brasil, especialmente nos setores industrial e residencial.

O gás natural pode contribuir para a segurança energética, principalmente em cenários que dependem de uma parcela maior de fontes variáveis de energia renovável na matriz de eletricidade. Suas menores emissões de GEE em relação a outros combustíveis fósseis, particularmente combinadas com CCS em instalações existentes, como as de bioetanol e biogás, fazem dela uma importante fonte de energia de transição, capaz de permitir uma penetração mais profunda de energias renováveis, mantendo, ao mesmo tempo, a estabilidade da rede e a confiabilidade do fornecimento.

Além disso, o gás natural com CCS tem o potencial de descarbonizar as indústrias e a produção de hidrogênio de baixa emissão hoje, principalmente por meio da modernização dos reformadores de metano a vapor existentes usados para produção de hidrogênio com sistemas de captura de CO<sub>2</sub>.

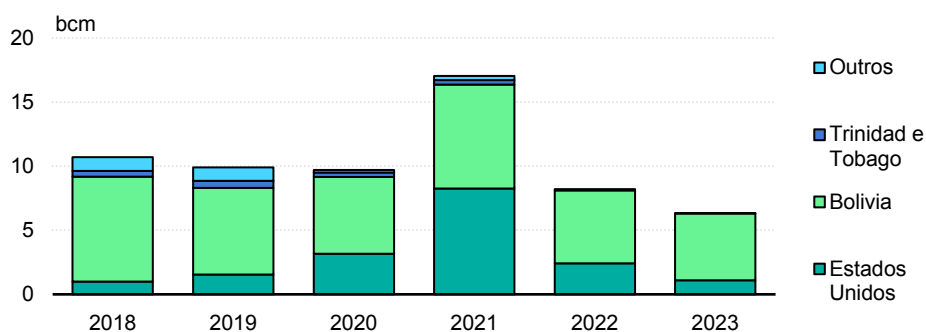
### Consumo final de gás natural por setor e oferta por origem no Brasil, 2023



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: AIE (2025), [Informações sobre gás natural](#).

## Importações de gás natural por país no Brasil, 2018-2023



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: AIE (2025), [Informações sobre gás natural](#).

## Recomendações

### 22. Acelerar a implementação de reformas no mercado de gás natural para melhorar a formação de preços para os consumidores

O gás natural desempenha um papel importante no sistema energético do Brasil e espera-se que continue assim no futuro próximo. Portanto, é fundamental que o Brasil crie uma estrutura de mercado de gás eficiente para sustentar preços justos que reflitam os fundamentos de oferta e demanda. Atualmente, o Brasil enfrenta preços de gás natural relativamente altos para usuários industriais em comparação a muitos outros países, com base em contratos de preços diretos entre vendedores (geralmente a Petrobras) e operadores de sistemas locais, muitas vezes vinculados aos preços do petróleo. A Nova Reforma do Mercado de Gás de 2021 e o Decreto nº 12.153/2024 de 2024 estabelecem as bases para maior concorrência, flexibilidade e eficiência no mercado de gás. São, portanto, passos na direção certa. Já houve progresso em certas áreas, como o estabelecimento de um sistema de transporte baseado em um modelo de entrada e saída.

No entanto, regulamentações mais amplas para implementar e concretizar a visão da Lei têm se seguido de forma mais lenta. Por exemplo, ainda são necessárias

estruturas regulatórias para dar suporte às expansões de infraestrutura, e mais trabalho é necessário para reduzir o controle da Petrobras sobre grandes segmentos do mercado. A implementação do acesso efetivo de terceiros aos sistemas de gasodutos de transmissão e distribuição e o desenvolvimento de centros de comercialização serão cruciais para garantir o sucesso das reformas de abertura do mercado. Além disso, a supervisão estadual sobre as empresas de distribuição locais requer mais harmonização entre os níveis federal e estadual para criar normas uniformes. Portanto, o Brasil deve focar mais em agilizar o estabelecimento de estruturas regulatórias para respaldar a Nova Lei do Mercado de Gás.

Quando implementada integralmente, a Lei criará um mercado mais liberalizado e competitivo, com maior transparência de preços para os consumidores. Em particular, a mudança para um modelo de precificação baseado em hubs que reflita com mais precisão as condições de oferta e demanda no Brasil pode levar a preços mais competitivos para os usuários finais (bem como para os produtores). Uma operação de mercado mais eficiente que suporte uma melhor formação de preços também gerará benefícios consideráveis de competitividade para o setor industrial brasileiro, que é o maior consumidor de gás do país. Da mesma forma, apoiará a transição energética, reforçando o papel da geração a gás natural em prover flexibilidade para o equilíbrio de um sistema de geração de eletricidade baseado em energias renováveis e facilitando a introdução de gases de baixas emissões (como biometano e hidrogênio) no sistema futuro.

## 23. Esclarecer o papel esperado do gás natural na transição energética

O Brasil é abençoado com um sistema energético que já é altamente baseado em energias renováveis. No entanto, o gás natural desempenha um papel importante no sistema energético atual, tanto na indústria quanto na eletricidade, e espera-se que continue a desempenhar um papel fundamental na transição energética. Portanto, o papel futuro previsto do gás natural na transição energética nas próximas décadas determinará o nível de investimento necessário ao longo da cadeia de fornecimento. Um sistema de gás natural altamente flexível e funcional será fundamental para a segurança da oferta do Brasil durante a transição energética. Investimentos em infraestrutura podem ajudar a apoiar esse resultado. O Brasil não só precisará ver uma construção mais ampla de gasodutos nacionais para melhorar a conectividade em todo o país, como também poderá considerar complementar sua implantação altamente bem-sucedida de capacidade de importação de GNL com armazenamento

subterrâneo. Entretanto, o contexto atual da estratégia de transição energética parece deixar considerável incerteza sobre o papel que o gás natural desempenhará na transição energética. Na eletricidade, outras opções de flexibilidade (hidrelétrica, baterias etc.) podem substituir a necessidade de gás natural como recurso de equilíbrio em algum momento futuro. Da mesma forma, a eletrificação, a penetração do hidrogênio e do biometano podem substituir o consumo de gás natural na indústria e no transporte. Portanto, um posicionamento mais claro do governo sobre o papel futuro do gás natural ajudaria a alinhar o desenvolvimento do setor com as metas do governo. Nesse sentido, deve-se considerar a emissão de um Plano de Transição do Gás. O Plano deve delinear claramente o papel previsto para o gás natural em cada setor, cronogramas associados às transições, políticas e alavancas regulatórias que mudarão o papel do gás natural e os requisitos de infraestrutura necessários para dar suporte aos resultados. Também deve esclarecer o papel da produção no E&P de gás natural ao longo do tempo, tanto para necessidades domésticas quanto possivelmente para exportação.

Um componente importante do Plano de Transição do Gás deve ser um roteiro para o biometano. O Brasil demonstrou sucesso considerável no aumento da produção nacional de biogás, apoiado pelo programa RenovaBio e facilitado por um vasto setor agrícola. Olhando para o futuro, a nova Lei do Combustível do Futuro promoverá ainda mais a produção de biogás e biometano, principalmente por meio do estabelecimento de metas anuais de redução de emissões de GEE para o setor de gás natural. Entretanto, o biogás ainda representa uma parcela minúscula da oferta de energia do Brasil, e os níveis de produção estão atrás dos de vários outros países (por exemplo, República Popular da China, Alemanha e Estados Unidos). Além disso, dado o significativo potencial de produção de biogás do Brasil (os níveis atuais são considerados apenas uma pequena fração do potencial total), os esforços para processar o biogás para produzir biometano, que pode ser transportado diretamente pela infraestrutura de gás natural existente e aplicado a todos os usos finais, contribuiriam de forma significativa para apoiar a transição energética de longo prazo do país por meio da descarbonização da oferta de gás. Para apoiar uma expansão do papel do biometano no Brasil, o governo deve emitir um plano de ação detalhado para o biometano que estabeleça as principais medidas políticas de apoio, marcos de produção e investimentos e infraestrutura necessários para atingir as metas. Isso também ajudará a alinhar vários atores na cadeia de valor que atualmente parecem não ter clareza sobre os planos dos outros. Notavelmente, o biometano também representa uma importante oportunidade de crescimento industrial para a economia brasileira.

## Biocombustíveis

Biocombustíveis e resíduos representaram 29% da produção nacional de energia do Brasil em 2023. O Brasil foi o segundo maior produtor de biocombustíveis líquidos em 2023.

O Brasil fez avanços significativos no desenvolvimento e uso de etanol e biodiesel e, no processo, acumulou experiência significativa com políticas públicas para o desenvolvimento de novos mercados. Começando com o programa ProÁlcool em 1975, mandatos de mistura, incentivos fiscais e fixação de preços são apenas algumas das estratégias que sustentaram o desenvolvimento comercial inicial de biocombustíveis no Brasil, tornando sua produção mais economicamente viável e permitindo seu uso no setor de transporte. Dessa forma, essas políticas foram cruciais não apenas para o lado do suprimento, mas especialmente para o lado do consumo, pois criaram uma demanda robusta por biodiesel e etanol e incentivaram o mercado a fazer os investimentos necessários.

Desde a década de 1970, políticas públicas como misturas obrigatórias têm garantido um mercado estável e crescente para etanol e biodiesel, impulsionando investimentos na agricultura e em infraestrutura para produção de biocombustíveis. Essas estruturas políticas não apenas garantiram a independência energética, mas também posicionaram o Brasil como líder global na produção e uso de biocombustíveis.

Atualmente, além das misturas obrigatórias, o ponto central da estratégia de biocombustíveis do Brasil é o RenovaBio, a Política Nacional de Biocombustíveis do país, que estabelece metas anuais de descarbonização para distribuidoras de combustíveis. Esta política incentiva a produção e o uso de biocombustíveis como etanol, biodiesel e biometano – por meio de um mecanismo de mercado – promovendo reduções de emissões e consolidando os biocombustíveis como parte fundamental da transição energética do Brasil.

O órgão regulador, a ANP, desempenha papel fundamental no RenovaBio, sendo responsável pelo processo de certificação da produção e importação de biocombustíveis, pela individualização das metas nacionais de descarbonização para as distribuidoras de combustíveis e pela verificação do seu cumprimento, e pela Plataforma CBIO, sistema informatizado desenvolvido com o Serpro para garantir o lastro do CBIO. Os resultados das certificações são publicados no site da [ANP](#).

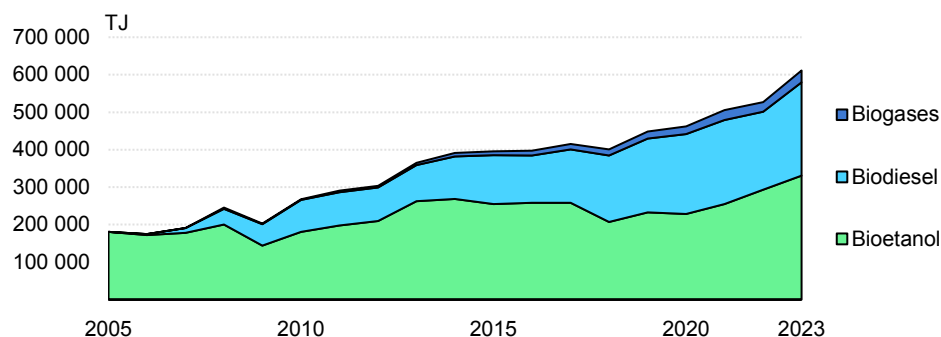
Para que os produtores de biocombustíveis se juntem à RenovaBio e tenham direito aos CBIOS, eles devem atender a três critérios de elegibilidade:

1. toda produção certificada deve ser proveniente de área sem desmatamento após a data de promulgação da Lei RenovaBio (26 de dezembro de 2017)
2. toda a área deverá estar em conformidade com o Código Florestal, por meio da regularização do Cadastro Ambiental Rural
3. As áreas de produção de cana-de-açúcar e palma devem obedecer ao zoneamento agroecológico do dendê, conforme definido pelo Decreto Federal nº 7.172/2010.

Embora os esforços políticos específicos para biocombustíveis de segunda geração não sejam amplamente detalhados, o compromisso do Brasil em reduzir as emissões de GEE e expandir seu setor de biocombustíveis sugere potencial para desenvolvimento futuro.

Com o RenovaBio e outras políticas, bem como inovações como a tecnologia *flex-fuel*, o Brasil consolidou seu papel como líder global em biocombustíveis.

### Produção nacional de biocombustíveis líquidos e gasosos no Brasil, 2005-2023



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: AIE (2025), [Balanços Energéticos Globais](#).

A nova [Lei do Combustível do Futuro](#) deverá fortalecer ainda mais o papel dos biocombustíveis na transição do Brasil para a mobilidade de baixo carbono. Ela expande o mercado de óleo diesel renovável (ou óleo vegetal hidrotratado), SAF e biometano, ao mesmo tempo em que aprimora a inovação tecnológica e apoia metas de descarbonização. A Lei estabelece estruturas regulatórias para CCS e combustíveis sintéticos, aumentando a previsibilidade e fomentando o investimento nessas tecnologias emergentes.

A lei aumenta a mistura obrigatória de etanol na gasolina automotiva para uma margem de 22-35% (anteriormente 18-27,5%). Aumenta a mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel, atualmente (abril de 2025) em 14% (B14), para 15% (B15) até 2025 e 20% (B20) até 2030, impulsionando a demanda interna e aumentando a produção. Também incentiva a diversificação de matérias-primas além do óleo de soja, apoiando alternativas como biomassa residual e outros óleos vegetais. A Lei orienta o alinhamento entre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), o Programa Mover, o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular e o Programa de Controle da Poluição do Ar Veicular para garantir uma política transparente e unificada para aumentar a eficiência e descarbonizar o setor de transportes. Além disso, reforça a certificação de sustentabilidade do RenovaBio e fomenta o desenvolvimento de outros biocombustíveis, como o diesel verde e o SAF.

O Brasil tem diversas políticas e regulamentações que impactam o uso da terra para produção de biocombustíveis. Por exemplo, a RenovaBio concede créditos CBO somente se a produção de biocombustíveis estiver em conformidade com requisitos específicos de uso da terra, enquanto o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar designa áreas adequadas para o cultivo de cana-de-açúcar. Além disso, o Código Florestal fornece regulamentação mais ampla do uso da terra em propriedades rurais. Entretanto, o Brasil carece de uma política única e abrangente de uso da terra especificamente adaptada ao setor de biocombustíveis. Em vez disso, o país aborda o complexo equilíbrio entre expansão agrícola, conservação ambiental e produção de bioenergia por meio de uma combinação de leis existentes, novas iniciativas e discussões políticas em andamento.

## Etanol

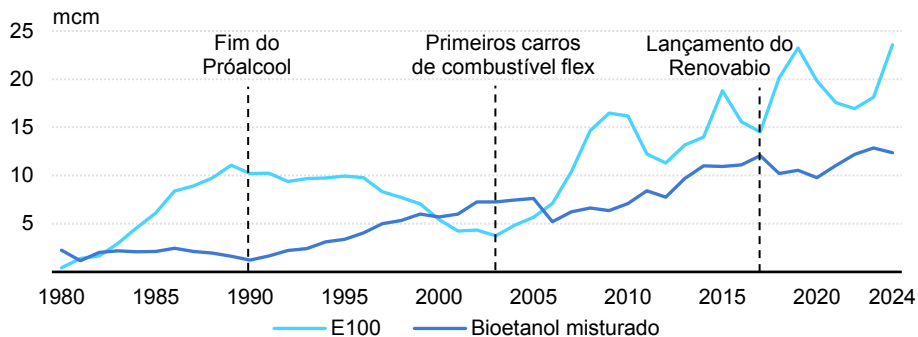
O setor de etanol do Brasil como é um dos pilares da matriz energética nacional e um exemplo global de liderança em energia renovável. Seu desenvolvimento decolou na década de 1970 com o Programa Proálcool, que visava reduzir a dependência do Brasil do petróleo importado, promovendo a produção de bioetanol a partir da cana-

de-açúcar. Na primeira fase, o Programa Proálcool promoveu o uso do etanol como aditivo à gasolina, especificamente o etanol anidro, por meio de uma obrigatoriedade de mistura. Na segunda fase, promoveu o uso do etanol como alternativa aos combustíveis fósseis, utilizando etanol hidratado em motores dedicados. Desde então, toda a gasolina vendida no Brasil passou a conter etanol anidro com a proporção exata da mistura determinada pelo CNPE com base nas condições de mercado; desde 2015, a proporção obrigatória está fixada em 27,5%. A produção de etanol segue em expansão, impulsionada por metas climáticas e preocupações com a segurança energética.

A fase mais recente de apoio político ao bioetanol no Brasil se concentra na redução do consumo de combustíveis fósseis, visando enfrentar questões ambientais, especialmente as mudanças climáticas. No início dos anos 2000, foram introduzidos incentivos fiscais para carros movidos a etanol, o que revitalizou as vendas em declínio. Em 2017, o governo lançou o RenovaBio, uma política de biocombustíveis alinhada aos compromissos do Brasil no Acordo de Paris e integrada à estratégia energética nacional mais ampla. O RenovaBio visa proporcionar previsibilidade no mercado de combustíveis, uma questão crítica que anteriormente prejudicava as vendas de etanol devido à volatilidade dos preços do petróleo. Desde a sua implementação, o RenovaBio tem contribuído para o crescimento constante do mercado de etanol.

Em 2023, a biomassa da cana-de-açúcar foi a segunda maior fonte de energia em termos de OTE no Brasil, depois do petróleo (EPE, 2024). Quase 52% de toda a cana-de-açúcar colhida em 2024 foi usada para bioetanol, e 335 usinas produziram 29 bilhões de litros de bioetanol. Considerando também a queima do subproduto do bioetanol, o “bagaço”, a cana-de-açúcar também atendeu a 6% da demanda de eletricidade. A Empresa de Pesquisa Energética indicou que a produção de cana-de-açúcar pode ser até 55% maior em 2050. Além disso, é importante destacar o rápido crescimento da produção de etanol de milho, que atingiu mais de 8 bilhões de litros em 2024 (20% da produção de etanol). O consumo de etanol no mercado de combustíveis foi de aproximadamente 36,7 bilhões de litros em 2024, sendo 13,3 bilhões de litros de etanol anidro (E27) e 23,4 bilhões de litros de E100.

### Vendas de etanol no Brasil e marcos políticos e tecnológicos selecionados, 1980-2024



AIE. CC BY 4.0.

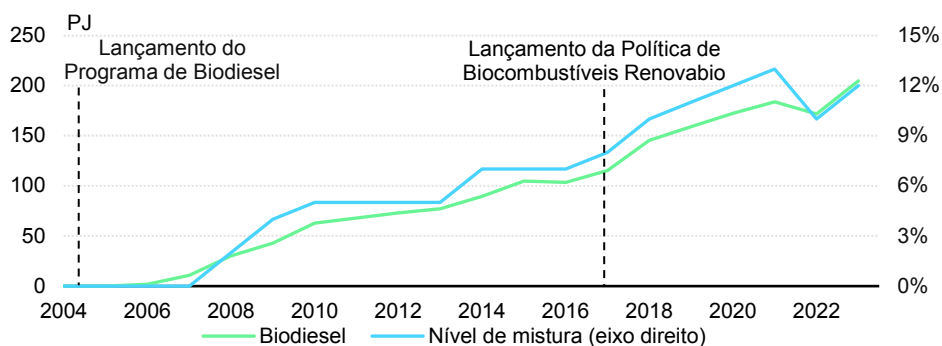
Fonte: Análise da AIE baseada em EPE (2025), [BEN - Séries Históricas e Matrizes](#) (acessado junho 2025).

## Biodiesel

Em 2004, o governo lançou o PNPB, cujo objetivo inicial, era introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira, com foco na inclusão social e no desenvolvimento regional.

Após a institucionalização do [PNPB](#) em 2005, o mercado de biodiesel cresceu significativa e continuamente devido à combinação de dois fatores: 1) o aumento sucessivo do percentual obrigatório de mistura de biodiesel no óleo diesel fóssil; e 2) a adoção de um sistema de leilões públicos. O gráfico a seguir mostra a influência da mistura obrigatória na produção de biodiesel.

## Consumo de biodiesel no transporte e nível de mistura obrigatória (%) no Brasil, 2004-2023



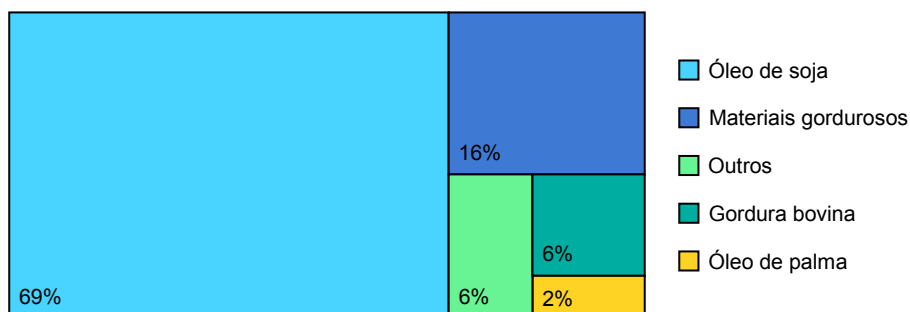
AIE. CC BY 4.0.

Fonte: Análise da AIE baseada em (EPE), [BEN - Séries Históricas e Matrizes](#) (acessado junho 2025).

Nesse contexto, o aumento da mistura obrigatória teve como objetivo criar uma demanda previsível, estimulando a expansão e a diversificação da capacidade produtiva. Paralelamente, os leilões da ANP estimularam a concorrência pelo produto, garantindo preços equilibrados que beneficiam tanto fornecedores quanto consumidores. Uma característica relevante dos leilões foi o papel desempenhado pela Petrobras, a gigante estatal do petróleo, como leiloeira intermediadora das transações. Ao comprar biodiesel por meio desses leilões e distribuí-lo em todo o país, a Petrobras desempenhou um papel central na cadeia de suprimento de biodiesel.

A produção de biodiesel no Brasil, conforme previsto pelo PNPB, inicialmente deveria ser diversificada em diversas matérias-primas. Entretanto, foi a produção de óleo de soja que permitiu ao CNPE aumentar as taxas de mistura obrigatórias e ampliar a produção de biodiesel. Historicamente, o óleo de soja tem sido a matéria-prima mais significativa para o biodiesel. Essa predominância é atribuída à bem estabelecida indústria da soja, que garante um suprimento de óleo estável e em larga escala para conversão em biodiesel. Além disso, a infraestrutura existente e os avanços tecnológicos no processamento da soja facilitaram seu uso como matéria-prima econômica e eficiente para a produção de biodiesel. De fato, o país possui uma vasta área cultivada de soja, aproximadamente 21 milhões de hectares, tornando-a um recurso facilmente disponível para a fabricação de biodiesel. Em 2023, foi responsável por 70% da produção total, seguido por outros materiais graxos, com 16%.

## Matéria-prima para produção de biodiesel, 2023



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: Análise do AIE baseada em EPE (2024), [Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis](#) (acessado fevereiro 2025).

O Programa Nacional Diesel Verde é um dos pilares da Lei do Combustível do Futuro. Pela proposta, o CNPE estabelecerá, a cada ano (de 2027 a 2037), a cota mínima obrigatória de diesel verde em relação aos derivados de petróleo. A definição do percentual deverá levar em conta as condições específicas de oferta deste biocombustível.

## Biogás e biometano

O setor de biogás no Brasil está crescendo rapidamente como um componente vital do portfólio de energia renovável do país, impulsionado pela necessidade de gestão sustentável de resíduos e geração descentralizada de energia. Segundo a EPE (2023), embora o biogás ainda represente uma participação modesta em termos absolutos, tem demonstrado um crescimento notável em termos relativos. Entre 2011 e 2023, enquanto a OTE cresceu, em média, 1,1% ao ano, o biogás na OTE cresceu 19,5% no mesmo período, elevando sua participação de 0,03% em 2011 para 0,21% em 2022. De 2022 a 2023, as contribuições do biogás para a oferta doméstica de energia aumentaram de 26 PJ para 31 PJ.

No setor de biometano, até março de 2025, a ANP havia autorizado 12 plantas com capacidade de produção combinada de 697 mil metros cúbicos normais (Nm<sup>3</sup>) por dia. A principal aplicação do biogás no Brasil é a geração de eletricidade. Em 2023, 86% das usinas de biogás em operação utilizaram biogás para essa finalidade,

consumindo 57% do total de biogás produzido. Em comparação a 2022, o percentual de usinas equipadas para geração de eletricidade a partir do biogás permaneceu inalterado, mas sua capacidade instalada para esse fim aumentou de 2,08 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano em 2022 para 2,35 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano em 2023. O aumento mais significativo entre 2022 e 2023 foi observado no número de usinas de conversão de biogás em biometano, que passou de 20 em 2022 para 50 em 2023, com capacidade instalada [atingindo 37%](#) do biogás produzido no país em 2023.

Em outubro de 2024, foi sancionada a Lei do Combustível do Futuro, que cria o Programa Nacional de Descarbonização de Produtores e Importadores de Gás Natural e Fomento ao Biometano. Esta iniciativa visa estimular a pesquisa, produção, comercialização e uso de biometano e biogás na matriz energética brasileira. A Lei determina que o CNPE estabeleça metas anuais de redução de emissões de GEE para o setor de gás natural, a serem cumpridas por produtores e importadores. O Programa está previsto para começar em janeiro de 2026 com uma meta inicial de 1%, que não pode ultrapassar 10%.

Além disso, a Nova Lei do Gás concede ao biometano tratamento igual ao gás natural conforme os padrões da ANP, e o Decreto nº 11.003/2022 estabeleceu uma estratégia federal para incentivar o uso sustentável do biogás e do biometano, reduzindo as emissões de metano. Incentivos econômicos também têm impulsionado o crescimento do setor, com a inclusão do biometano no RenovaBio, isenções fiscais no Regime Especial de Incentivos para Projetos de Infraestrutura e acesso a linhas de crédito favoráveis, principalmente por meio do BNDES e do Fundo Clima.

Complementando essas medidas, o Decreto nº 12.153/2024 instituiu o Plano Nacional de Infraestrutura Integrada de Gás Natural e Biometano, com o objetivo de alinhar oferta, demanda e desenvolvimento da infraestrutura. A EPE apoiou essa agenda conduzindo estudos sobre corredores de transporte de baixo carbono e publicando análises sobre o potencial e a produção de biometano, reforçando o compromisso do governo em expandir o papel do biometano na transição energética do Brasil.

Com base nos extensos recursos agrícolas, pecuários e de resíduos urbanos do Brasil, a produção de biogás oferece uma solução de energia limpa e renovável, ao mesmo tempo que reduz as emissões de metano dos resíduos orgânicos. Apoiado por políticas como o RenovaBio e incentivos recentes para energia de baixo carbono, o biogás contribui para a segurança energética, especialmente em regiões rurais e agroindustriais. Como uma fonte de energia versátil, o biogás pode gerar eletricidade,

fornecer aquecimento e ser convertido em biometano para uso em transporte, complementando a meta do Brasil de diversificar sua matriz energética. Com crescentes investimentos e avanços tecnológicos, o setor de biogás está posicionado para desempenhar um papel estratégico na transição energética do Brasil, promovendo o desenvolvimento econômico, reduzindo emissões e adotando práticas sustentáveis de conversão de resíduos em energia.

## Hidrogênio

Em 2023, o Brasil produziu cerca de 500 quilotoneladas de hidrogênio, usadas principalmente em refinarias e, em menor escala, na produção de amônia. O hidrogênio foi produzido principalmente pela reforma a vapor do gás natural, respondendo por cerca de 6% da demanda total de gás natural do país. Em 2022, o Brasil importou quase 30% do gás natural que consumiu, o que evidencia como a demanda atual por hidrogênio amplia ainda mais essa dependência. Olhando para o futuro, a abundância de eletricidade renovável relativamente barata no Brasil, incluindo energia hidrelétrica, oferece uma forte vantagem comparativa na produção de hidrogênio de baixas emissões, tanto para descarbonização doméstica quanto para exportação.

Para coordenar seus esforços para desenvolver hidrogênio de baixas emissões, o governo brasileiro introduziu as diretrizes do [Programa Nacional do Hidrogênio](#) (PNH2) em 2021. O PNH2 foi formalmente estabelecido pelo CNPE em 2022 e atualizado em 2023. Ele ressalta o potencial do hidrogênio de baixas emissões para impulsionar a transição energética e destaca a oportunidade do país de se tornar um participante importante no mercado global de hidrogênio. O [Plano de Trabalho 2023-2025 do Programa Nacional do Hidrogênio](#) é a primeira estratégia de hidrogênio do Brasil. Suas metas incluem a implantação de plantas piloto em diversas regiões até 2025, posicionando o Brasil como um dos produtores de hidrogênio de baixas emissões mais competitivas até 2030 e desenvolvendo hubs de hidrogênio consolidados até 2035. As prioridades do Programa para 2023-25 concentram-se em: definir uma estrutura jurídica e regulatória nacional; promover pesquisa, desenvolvimento e inovação para reduzir custos; e melhorar o acesso ao financiamento.

O PNH2 também estabeleceu uma estrutura legal para o hidrogênio de baixas emissões. Em agosto de 2024, foi promulgada a Lei da [Política Nacional do Hidrogênio de Baixo Carbono](#), que traz uma definição clara de “hidrogênio de baixo

carbono” no Brasil. A Lei classifica o hidrogênio como “baixo carbono” se suas emissões de GEE, determinadas por meio de uma análise do ciclo de vida, forem iguais ou inferiores a 7 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg H<sub>2</sub>, cerca de 30-40% menores que as emissões da produção de gás natural sem captura de carbono integrada, a via de produção mais comum atualmente. A Lei atribui à ANP a autoridade para regular, autorizar e supervisionar atividades dentro da cadeia de valor do hidrogênio de baixas emissões. Também criou o Sistema Brasileiro de Certificação de Hidrogênio, o primeiro do gênero na América Latina, e estabelece o Regime Especial de Incentivo à Produção de Hidrogênio de Baixas Emissões (Rehidro), um incentivo fiscal para produtores que atendem aos critérios para hidrogênio de baixas emissões, na forma de isenção de alguns impostos incidentes sobre a receita bruta de uma empresa.

Em setembro de 2024, o Brasil aprovou uma lei que estabelece o Programa de Desenvolvimento e Investimento em Hidrogênio de Baixo Carbono, que destinará até R\$ 18,3 bilhões (US\$ 3 bilhões) em créditos fiscais entre 2028 e 2032 para apoiar a produção de hidrogênio de baixas emissões e seus derivados. Esses créditos serão distribuídos por meio de um processo competitivo, de modo que o nível de apoio por unidade de hidrogênio ainda é incerto, com o limite definido na diferença máxima de custo entre a produção de hidrogênio de baixas emissões e os métodos tradicionais baseados em combustíveis fósseis, sendo inversamente proporcional às suas emissões de GEE.

O Brasil está considerando várias rotas tecnológicas, embora a maioria dos projetos anunciados de baixas emissões adote a eletrólise. Um exemplo de rota alternativa à eletrólise é um projeto piloto atualmente [em construção em São Paulo](#), para reformar bioetanol em hidrogênio. Além disso, a Petrobras assinou um [memorando de entendimento](#) com o governo do estado do Espírito Santo e a Federação das Indústrias do Espírito Santo (Fines) para avaliar o potencial de produção de hidrogênio a partir da reforma de gás natural com CCUS na região. A Petrobras também assinou um [memorando de entendimento](#) com a japonesa Mitsui para avaliar a produção de hidrogênio a partir do biometano com CCUS. O Brasil também está explorando ativamente o hidrogênio natural (geológico). As primeiras investigações parecem mostrar boas perspectivas, especialmente no estado do Rio de Janeiro.

Caso todos os [projetos anunciados](#) até setembro de 2024 no Brasil se concretizem, a produção anual de hidrogênio eletrolítico poderá superar 2 Mt H<sub>2</sub> até 2030. Isso representaria cerca de 6% da produção total anunciada de hidrogênio eletrolítico no mundo, de 37 Mt H<sub>2</sub> até 2030. No entanto, o estado dos projetos brasileiros varia

consideravelmente, com apenas 0,3% em operação, em construção ou tendo chegado à decisão final de investimento, em comparação com 8% globalmente. Cerca de 50% dos projetos brasileiros estão em estágio muito inicial, semelhante à média mundial, enquanto o restante está em estudos de viabilidade.

A concretização de todos os projetos anunciados exigiria quase 25 GW de capacidade instalada de eletrólise até 2030— ou 11 GW se projetos em estágios iniciais de desenvolvimento fossem excluídos. Ressalta-se que 88% desses projetos seriam em escala de gigawatts, superando ligeiramente a média mundial de cerca de 80%. O maior eletrolisador operativo no Brasil atualmente é de 3 MW. Um projeto de eletrolisador de 5 MW para a White Martins está em construção em Jacareí (São Paulo) para produção de amônia.

Produzir mais de 2 milhões de toneladas por ano de hidrogênio (MtpaH<sub>2</sub>) por eletrólise até 2030 também exigiria um aumento significativo na capacidade de geração de eletricidade, equivalente a quase 16% da geração atual do Brasil. Enquanto os primeiros projetos menores são planejados em regiões ricas em energia hidrelétrica, os maiores projetos são planejados em regiões com forte potencial solar e eólico. Se os projetos anunciados pelo Brasil dependessem exclusivamente de eletricidade dedicada proveniente de energia eólica e solar FV, a capacidade de geração dessas fontes precisaria dobrar nesta década apenas para atender à demanda pela produção de hidrogênio. Além disso, a concentração de projetos de eletrolisadores em pontos específicos da rede de transmissão, como no entorno do Ceará, pode gerar desafios adicionais, dado o longo prazo necessário para expandir a infraestrutura de transmissão de geração de eletricidade. Para enfrentar esse desafio, a EPE iniciou, em 2024, estudos prospectivos para avaliar as necessidades de expansão da infraestrutura de transmissão decorrentes de projetos de hidrogênio em áreas críticas.

A matriz de eletricidade do Brasil é altamente renovável, com cerca de 90% da geração total proveniente de fontes renováveis. Como a energia hidrelétrica é a fonte de energia mais importante, ela tem o potencial de aumentar a competitividade do hidrogênio de baixas emissões no futuro. Ao permitir a integração eficiente de eletrolisadores, seria possível a produção de hidrogênio conectado à rede com emissões relativamente baixas.

Em 2022, o fator médio de emissão da rede foi de aproximadamente 75 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh, menos de um quinto da média mundial atual de cerca de 460 gCO<sub>2</sub>-eq/kWh. As emissões associadas à produção de hidrogênio eletrolítico dependem das

emissões da geração (*upstream*) e da transmissão e distribuição (*midstream*) de eletricidade. A maioria dos projetos anunciados usará eletricidade renovável, geralmente de fontes dedicadas. Se a produção de hidrogênio fosse inteiramente baseada em energias renováveis diretamente conectadas, ela teria emissões quase zero, excluindo as emissões incorporadas dos ativos de geração de eletricidade. Entretanto, se todos os projetos anunciados fossem conectados à rede sem a compra de garantias de origem para sua eletricidade, a produção de hidrogênio teria uma intensidade de emissão de 3,9 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg H<sub>2</sub>, com base no fator de emissão médio atual da rede elétrica brasileira. Isso ainda estaria em conformidade com o limite do Brasil (<7 kgCO<sub>2</sub>-eq/kgH<sub>2</sub>) e com algumas regulamentações internacionais, como o Padrão de Produção de Hidrogênio Limpo dos EUA (<4 kgCO<sub>2</sub>-eq/kgH<sub>2</sub>). À medida que o Brasil continua a integrar energia renovável variável em sua rede, o fator de emissão da rede pode diminuir (dependendo de potenciais flutuações na geração hidrelétrica), o que pode tornar o hidrogênio compatível com outras regulamentações, como a Taxonomia da UE (<3 kg CO<sub>2</sub>-eq/kgH<sub>2</sub>) ou a Lei de Promoção da Sociedade do Hidrogênio do Japão (<3,4 kgCO<sub>2</sub>-eq/kgH<sub>2</sub>).

Embora o Brasil esteja vivenciando um aumento nos projetos de produção de hidrogênio anunciados, a maioria ainda é motivada pela expectativa de se tornar um grande exportador de hidrogênio de baixas emissões com demanda interna limitada, como é o caso na maioria dos mercados emergentes, particularmente na América Latina e na África. Mais recentemente, no entanto, o Brasil começou a explorar o grande potencial do seu mercado interno, ainda sem metas de demanda ou cotas específicas estabelecidas.

**Agricultura Fertilizantes à base de nitrogênio.** O Brasil é o quarto maior consumidor global de fertilizantes e importa cerca de 90% dos fertilizantes nitrogenados que utiliza. Em 2021, esse volume correspondeu a quase 9 Mt de amônia, cuja produção precisaria de cerca de 1,6 MtH<sub>2</sub> de hidrogênio. Os preços da amônia, que são usados como um proxy para os custos de fertilizantes à base de nitrogênio, já que é a principal matéria-prima, flutuam significativamente com os preços do gás natural. Entre 2018 e 2022, o déficit comercial do Brasil em fertilizantes nitrogenados variou de 2,5 a 7,7 bilhões de dólares, o equivalente a 0,4% do PIB do país naquele ano. Esse salto foi impulsionado por um aumento global nos preços do gás natural, destacando a exposição do Brasil à volatilidade de preços causada por interrupções do mercado e tendências de curto prazo. Em 2022, o Brasil publicou seu [Plano Nacional de Fertilizantes para 2050](#), que inclui metas de produção nacional, como 1,9 Mtpa de nitrogênio (2,3 Mt NH<sub>3</sub>-eq) até 2030, uma redução de 50% nas importações até 2040 e pelo menos três plantas de amônia de baixas emissões até 2050.

**Refino.** Em 2023, o refino de petróleo bruto do Brasil atingiu uma média de 2,1 mb/d, com uma demanda de hidrogênio de [300 ktH<sub>2</sub>](#), dependendo do rendimento e do teor de enxofre do petróleo bruto. A Petrobras é a maior consumidora de hidrogênio do país. O [PDE 2034](#) do Brasil prevê aumento na oferta e demanda por derivados de petróleo, ao mesmo tempo em que enfatiza estratégias de descarbonização para refinarias, incluindo o uso de hidrogênio de baixas emissões, já que a produção de hidrogênio de origem fóssil hoje é responsável por [cerca de 15% das emissões de GEE](#) nas refinarias do país. Como parte do [Plano Estratégico Petrobras 2024-28](#), US\$ 0,3 bilhão foram alocados para projetos de hidrogênio, CCUS e capital de risco corporativo. Em outubro de 2024, a Petrobras tomou a [decisão final de investimento](#) para um eletrolisador de 2 MW para misturar hidrogênio em turbinas a gás na usina térmica do Vale do Açu (Rio Grande do Norte), com investimentos de R\$ 90 milhões (US\$ 15 milhões) para ganhar experiência na produção de hidrogênio eletrolítico. A Petrobras também [estuda a viabilidade](#) de produzir hidrogênio a partir de gás natural com CCUS na refinaria Duque de Caxias (Reduc), no Rio de Janeiro.

**Comércio de aço e ferro briquetado a quente (HBI).** O Brasil detém cerca de um quinto das reservas globais de minério de ferro e em 2023 foi responsável por quase 20% do comércio global de minério de ferro em termos monetários, exportando quase 400 Mt de minério de ferro – 65% dos quais foram para a China. O Brasil também é o maior exportador de minério de ferro de alto teor adequado para processos de redução direta de ferro (DRI) com 100% de H<sub>2</sub>, em oposição aos minérios de menor teor para os quais métodos alternativos de redução ainda estão sendo explorados. Atualmente, a redução de minério de ferro e a produção de aço geralmente ocorrem no mesmo local, mas mudanças futuras podem levar a redução a regiões ricas em energia renovável e recursos de minério de ferro, como o Brasil, enquanto a produção de aço permanece próxima aos mercados consumidores. A mudança da exportação de minério de ferro bruto por ferro processado representa oportunidades significativas de receita, já [que o ferro alcança quase quatro vezes o preço do minério de ferro](#) hoje (400 US\$/t vs. 105 US\$/t), com ferro com emissões quase zero, como 100% H<sub>2</sub>DRI exportado como HBI, que deve gerar prêmios ainda maiores. Em 2023, a empresa brasileira Vale concordou em [fornecer pelotas de minério de ferro](#) para a planta 100%-H<sub>2</sub> DRI da Stegra em Boden (Suécia) — uma das primeiras de duas plantas desse tipo em construção no mundo — e fez uma parceria para [explorar a produção de HBI no Brasil](#). Em 2024, a Vale fez uma parceria com o Green Energy Park para [avaliar a viabilidade da comercialização de HBI](#) do planejado hub de hidrogênio do Green Energy Park no Ceará. Mais recentemente, no início de 2025, a Vale e a GreenIron assinaram um [memorando de entendimento para avaliar a viabilidade de uma](#)

[instalação de redução direta no Brasil](#) usando hidrogênio de baixas emissões e aglomerados e briquetes de minério de ferro em vez de pelotas.

**Fontes biogênicas e inevitáveis de CO<sub>2</sub> disponíveis para combustíveis sintéticos e ureia.** A ampla disponibilidade de CO<sub>2</sub> biogênico do Brasil, provenientes do bioetanol, do biogás e da indústria de celulose e papel, aliada ao seu potencial de bioenergia, posiciona o país de forma estratégica para expandir significativamente a produção de combustíveis de baixa emissão para aviação e transporte marítimo. Combustíveis à base de carbono, como o SAF, o metanol para transporte marítimo e a ureia para fertilizantes, requerem CO<sub>2</sub>. No curto prazo, a utilização de emissões biogênicas ou inevitáveis de CO<sub>2</sub> – como as da produção de cimento (por exemplo, calcinação de calcário) – é mais viável economicamente do que a captura direta do ar. As principais fontes biogênicas de CO<sub>2</sub> do Brasil são a produção de celulose, com mais de 50 Mtpa de CO<sub>2</sub>, e a produção de bioetanol, com quase 30 Mtpa de CO<sub>2</sub> concentrado, que é mais barato de capturar, embora, em alguns casos, seja necessário transportar o CO<sub>2</sub> devido à dispersão geográfica e à menor escala das unidades de produção. A produção de cimento, como o sétimo maior produtor global, pode contribuir com mais de 30 Mtpa de CO<sub>2</sub>. Com uma demanda de CO<sub>2</sub> de cerca de 25 Mtpa para atender 50% das necessidades atuais da aviação com combustível sintético para aviação, 100% das necessidades de transporte com metanol e todas as necessidades atuais de ureia, o Brasil tem recursos de CO<sub>2</sub> suficientes e poderia usar esse excedente para produzir e exportar combustíveis à base de hidrogênio e ureia com emissões quase nulas, agregando valor em relação à exportação de hidrogênio. O Brasil, juntamente com o Chile, é o único país latino-americano com uma política de SAF e está apoiando a adoção de SAF por meio do RenovaBio e do programa ProBioQAV, que faz parte da Lei do Combustível do Futuro de 2024. A política estabelece metas de redução de GEE voos domésticos de 1% até 2027 e até 10% até 2037, por meio do uso de SAF. Entretanto, pode abrir caminho, no longo prazo, para o uso de combustíveis sintéticos em misturas mais altas (até 50% de acordo com os <sup>5</sup>padrões técnicos vigentes, por exemplo ASTM).

**Rumo à implementação: Criando os primeiros hubs de hidrogênio.** Os hubs de hidrogênio são redes que integram produtores, usuários potenciais e a infraestrutura necessária para conectar essas partes dentro de uma área geográfica definida. Esses hubs servem como núcleos para o desenvolvimento de redes maiores e oferecem vários benefícios nos estágios iniciais do mercado. Isso inclui a criação de

---

<sup>5</sup>Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME)

economias de escala por meio da agregação de oferta e demanda, fomento da colaboração entre partes interessadas co-localizadas e redução da necessidade de uma nova e extensa infraestrutura de hidrogênio. O Brasil já adotou medidas concretas para iniciar o desenvolvimento dos hubs de hidrogênio. Em outubro de 2024, o MME [lançou uma chamada pública](#) de propostas para hubs industriais de hidrogênio de baixo carbono no Brasil, [pré-selecionando 12 projetos](#) para as próximas etapas. O convite tem o objetivo de selecionar um ou mais projetos aptos a receber financiamento dos [Fundos Internacionais de Investimento Climático – Descarbonização da Indústria](#), que podem fornecer até US\$ 250 milhões em financiamento concessional por país. Além disso, em 2024, o governo lançou a [Plataforma Brasileira de Investimentos para a Transformação Climática e Ecológica](#), baseada na estrutura de referência do G20 para plataformas de países, com o BNDES responsável pela secretaria executiva. Esta plataforma se concentra no envolvimento de partes interessadas financeiras e não financeiras. Dos sete projetos confirmados no âmbito do BIP, três são projetos de hidrogênio de baixas emissões, representando um investimento potencial de mais de US\$ 7 bilhões. Esses projetos têm por objetivo construir as primeiras plantas de grande porte do país para a produção de amônia para fertilizantes e HBI.

## Recomendações

### 24. Finalizar uma avaliação do programa RenovaBio e divulgar publicamente os resultados, incluindo implicações para sustentabilidade e para mudança no uso da terra

O Brasil tem alcançado sucesso inequívoco com sua política de biocombustíveis. Desde a introdução dos mandatos de mistura, há décadas, a produção e o consumo têm crescido de forma contínua, tornando os biocombustíveis um componente central da expressiva participação de fontes renováveis na matriz energética nacional. Aproveitando esse sucesso, os biocombustíveis estão preparados para um forte crescimento contínuo nos próximos anos. Na verdade, a AIE prevê um crescimento de 40% na demanda por biocombustíveis de 2023 a 2030 (aumento de 15 bilhões de litros para 51 bilhões de litros), o maior de qualquer país do mundo, impulsionado pela crescente demanda por combustível e metas ambiciosas de mistura sob a Lei do Combustível do Futuro.

A pedra angular do programa de biocombustíveis do Brasil é a política RenovaBio, que estabelece metas anuais (decrecentes) de intensidade de carbono para combustíveis de transporte. A [certificação de biocombustíveis](#) no âmbito do programa é realizada voluntariamente pelos produtores com base em uma avaliação do ciclo de vida auditável (por inspetores credenciados). O governo está atualmente realizando uma avaliação abrangente do programa. Para maximizar as oportunidades no âmbito do RenovaBio, o governo deve garantir que a avaliação inclua uma avaliação pública do seguinte:

- cumprimento das metas originais de descarbonização e criação de um mercado de certificados com liquidez
- preços médios dos biocertificados e impactos nos preços ao consumidor
- benefícios sociais, de saúde e climáticos (na medida do possível)
- diversificação de combustíveis e impactos na segurança energética (por exemplo, redução das importações de gasolina e óleo diesel)
- uso da terra e mudanças no uso da terra, incluindo a identificação de possíveis mudanças metodológicas para incluir novas matérias-primas e/ou rotas tecnológicas e maior harmonização com práticas internacionais.

De forma mais ampla, o Brasil tem potencial considerável para expandir seu papel como campeão global de biocombustíveis (tanto para consumo doméstico quanto para exportação), mas a oportunidade depende de uma compreensão mais ampla das condições de sustentabilidade da produção de biocombustíveis. Em particular, avaliações completas e comunicação transparente sobre impactos e mudanças no uso da terra são essenciais. O Brasil já realiza avaliações detalhadas e impõe critérios rigorosos de uso da terra para a produção de biocombustíveis, especialmente para etanol de cana-de-açúcar, que tem áreas dedicadas à produção agrícola. Da mesma forma, avaliações robustas de mudanças no uso da terra devem ser realizadas para etanol de milho baseado na segunda safra e para biodiesel de soja. A matéria-prima da soja está pronta para um crescimento considerável nos próximos anos, em vista das metas ambiciosas da Lei do Combustível do Futuro (como mandatos mais altos para biodiesel e metas de SAF). O Brasil é louvável por adotar uma abordagem baseada em risco para mudanças indiretas no uso da terra. No entanto, ele deve esclarecer sua abordagem para matérias-primas de alto risco (como a soja), sustentada por dados transparentes sobre o uso de matérias-primas para biocombustíveis e produção de alimentos/rações. Além das avaliações, o Brasil

deve desenvolver uma plataforma integrada para consolidar as informações e assegurar uma comunicação clara e transparente dos resultados ao público.

## 25. Promover o desenvolvimento de biorrefinarias avançadas, aproveitando as vantagens do país na produção de biocombustíveis e as oportunidades para a bioeconomia

O Brasil tem um setor de biocombustíveis de primeira geração maduro e bem desenvolvido, cujos requisitos de sustentabilidade são orientados pelo RenovaBio. Apesar da liderança global do Brasil em biocombustíveis de primeira geração, atrás apenas dos Estados Unidos, os formuladores de políticas brasileiras reconhecem a necessidade de descarbonizar setores difíceis de reduzir, incluindo estradas pesadas, aviação, transporte marítimo e alguns setores industriais com uso intensivo de energia, como cimento, aço e alumínio, entre outros. O Brasil aprovou recentemente a Lei do Combustível do Futuro, uma legislação abrangente que aumenta a demanda por etanol, biodiesel e SAF, e define estruturas regulatórias e autoridades para biometano, óleo diesel renovável, CCUS e combustíveis sintéticos. A Lei do Combustível do Futuro está sendo implementada em coordenação com outras políticas nacionais, incluindo a política Nova Indústria Brasil (para investimento em inovação, comercialização e implantação de novas tecnologias) e o Plano de Transformação Ecológica (para financiamento de investimentos para redução de riscos de projetos e implantação de combustíveis sustentáveis avançados).

O Brasil pode liderar o mundo no desenvolvimento de biorrefinarias avançadas capazes de produzir uma gama de biocombustíveis de baixas emissões e combustíveis sintéticos, como SAF, óleo diesel renovável, metanol e outros combustíveis à base de carbono utilizando matérias-primas de biomassa, hidrogênio de baixas emissões e carbono capturado de operações de descarbonização colocalizadas (por exemplo, da indústria de papel). Além disso, essas biorrefinarias poderiam produzir hidrogênio e amônia limpos e de baixas emissões, o que não requer carbono. Possíveis economias de escopo poderiam reduzir os custos do projeto, enquanto a seleção estratégica de locais próximos a aglomerados agrícolas e industriais poderia reduzir as necessidades de infraestrutura de transporte e distribuição e garantir uma demanda constante pelos resultados da biorrefinaria.

O Brasil tem um perfil incomum de emissões de GEE, com mais de 70% das emissões resultantes de mudanças no uso da terra, agricultura e pecuária. Ao integrar metas energéticas, agrícolas e ambientais, o Brasil pode converter pastagens e terras degradadas em plantações e florestas energeticamente sustentáveis, que serviriam como matéria-prima e/ou insumo energético para biorrefinarias.

## 26. Ampliar a produção de hidrogênio de baixas emissões por meio do estímulo à demanda interna e ao potencial de exportação, com o desenvolvimento de hubs que otimizem as necessidades de infraestrutura

O Brasil fez um tremendo esforço legislativo sobre hidrogênio de baixas emissões e tem enorme potencial para se tornar um dos principais participantes globais no mercado emergente de hidrogênio de baixas emissões, alavancando sua vantagem competitiva em eletricidade renovável de baixo custo (reconhecendo outras necessidades de eletricidade). No entanto, o caminho para a concretização exige um esforço significativo, incluindo a construção das competências necessárias, a redução das importações de gás natural e fertilizantes e o aumento da criação de valor interno nas indústrias a jusante. Embora o mercado de exportação ofereça um potencial de crescimento considerável para o Brasil, fomentar um mercado interno será fundamental para impulsionar o sucesso da indústria de hidrogênio. O Brasil começou a considerar os impulsionadores da demanda interna por hidrogênio, e um impulso adicional deve ser dado a esses esforços. Notavelmente, o vasto setor agrícola do Brasil oferece oportunidades importantes para substituir importações de fertilizantes nitrogenados por fertilizantes nacionais produzidos a partir de hidrogênio de baixas emissões. A substituição do hidrogênio produzido a partir de combustíveis fósseis por hidrogênio de baixas emissões nas refinarias também oferece um lado positivo para a demanda de hidrogênio, assim como o aproveitamento das reservas consideráveis de minério de ferro do Brasil para produzir ferro processado de baixas emissões para a siderurgia.

Um modelo baseado em hubs para desenvolvimento de hidrogênio com base em clusters industriais existentes e novos pode aproveitar sinergias e infraestrutura compartilhada para apoiar a descarbonização da indústria pesada no Brasil. Nesses centros, o Brasil pode aumentar sua demanda interna como uma rota para ampliar a

produção nacional, ao mesmo tempo em que explora oportunidades de exportação, principalmente avançando na cadeia de valor nacional, usando o hidrogênio como insumo em processos industriais para promover a reindustrialização e criar empregos locais. O Brasil precisa considerar o desenvolvimento de seu setor de hidrogênio em conjunto com a expansão de seu sistema de eletricidade, dada a necessidade considerável de capacidade adicional de geração de energia (especialmente eólica e solar) e infraestrutura de rede de transmissão que a produção de hidrogênio exigiria se esses projetos fossem conectados à rede. Portanto, é necessário prosseguir com o planejamento coordenado dos sistemas de eletricidade e de hidrogênio.

## 27. Desenvolver infraestrutura em torno de polos produtivos para fomentar mercados locais de combustíveis e produtos sustentáveis, e expandir para corredores de baixo carbono

A Lei do Combustível do Futuro e o Programa Nacional do Hidrogênio do Brasil posicionam o país para um forte crescimento na produção de combustíveis sustentáveis. Embora a Lei estabeleça metas ambiciosas para motivar o crescimento setorial, o próximo foco do governo deve ser apoiar a implementação por meio de planejamento detalhado para a construção de infraestrutura de transporte e distribuição. Para otimizar a infraestrutura e reduzir os riscos de excesso de investimento, o Brasil poderia aproveitar suas experiências bem-sucedidas existentes em biocombustíveis e expandir o conceito de hubs de hidrogênio, desenvolvendo infraestrutura em torno de clusters agroindustriais que apoiem o desenvolvimento de mercados locais de uma variedade de combustíveis e produtos sustentáveis (por exemplo, amônia verde e fertilizantes). A abordagem de cluster facilita a conexão entre produtores e clientes em um nível localizado por meio de um planejamento mais criterioso e estratégico da infraestrutura local. À medida que os ecossistemas locais se consolidam, as redes de combustível sustentáveis podem aproveitar esses sucessos para se expandir e integrar entre regiões. O Brasil usou uma estratégia semelhante para construir sua rede de geração de eletricidade, que inicialmente se concentrou em redes estaduais que depois foram integradas em todo o país. Com o tempo, a infraestrutura poderia ser expandida por meio de corredores de baixo carbono que conectassem os principais polos agroindustriais (por exemplo, São Paulo-Campinas e o estado do Paraná).

# Dados, estatísticas e rastreamento

## Funções e responsabilidades no sistema de dados de energia do Brasil

**Ministério de Minas e Energia (MME):** O MME é responsável por garantir a estrutura política e a governança para coordenar dados de energia entre as instituições do setor energético, incluindo agências, EPE, ONS, Petrobras e CCEE.

**Empresa de Pesquisa Energética (EPE):** A EPE é responsável por coordenar a elaboração do Balanço Energético Brasileiro (BEN), documento que fornece dados históricos sobre a produção e o consumo de diversas fontes de energia no Brasil. Também é responsável por coletar e processar dados de demanda das distribuidoras de eletricidade e outros dados relacionados à energia para subsidiar estudos de planejamento setorial, incluindo geração e transmissão de eletricidade, gasodutos, oleodutos, produção de petróleo e derivados e biocombustíveis, entre outros.

**Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL):** A ANEEL detém diversos dados relacionados ao setor elétrico em seus diferentes segmentos: geração, transmissão, distribuição e comercialização. Entre os dados mais relevantes estão as concessões para geração, transmissão e geração distribuída. Além disso, a ANEEL regulamenta a CCEE e o ONS em relação às políticas de dados e transparência.

**Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) Brasileira:** A CCEE é responsável por fornecer dados relacionados ao mercado atacadista de eletricidade

no Brasil. Nesse contexto, coleta, processa e dá transparência aos dados do Preço de Liquidação do Mercado, leilões de energia, tarifas e contas setoriais.

**Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP):** A ANP é responsável por regular e manter bancos de dados relacionados aos setores de petróleo, gás e biocombustíveis. Possui bases de dados sobre exploração, produção e consumo de fontes de energia líquida.

**PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. Petrobras:** A Petrobras é uma importante fornecedora de dados sobre o setor brasileiro de óleo e gás, particularmente relacionados à exploração, produção, refino e transporte de óleo e gás.

**Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS):** O ONS é responsável pelos dados físicos e informações operacionais do setor elétrico. Isso inclui dados sobre geração, transmissão e carga.

## Panorama do sistema de informação energética brasileiro

### Entidades-chave e principais saídas de dados

Fundada em 2004, a EPE é fundamental para a infraestrutura e o planejamento de dados energéticos do Brasil. Tem competência para conduzir estudos e projeções da matriz energética, que embasam a política e o planejamento energético nacional. Ela dissemina uma ampla gama de informações para vários usuários, incluindo: o governo brasileiro, instituições nacionais e internacionais de estatísticas de energia, planejadores do setor energético, pesquisadores, empresas privadas e o público em geral.

A EPE é legalmente responsável pela elaboração do BEN, que coleta e consolida informações dos agentes setoriais mais relevantes. Também produz outros relatórios, como o Anuário Estatístico de Eletricidade ou o Atlas Anual de Eficiência Energética. O Atlas da Eficiência Energética está vinculado ao terceiro objetivo estratégico – promover a eficiência energética – do Plano Plurianual do governo brasileiro. Além disso, a EPE coordena o sistema SIMPLE/SAM para coletar informações sobre distribuição, geração e transmissão de eletricidade, incluindo informações históricas e de previsão, atendendo consumidores que dependem da rede básica do Sistema Interligado Nacional.

O BEN é uma ferramenta crucial para monitorar os efeitos das políticas energéticas no Brasil, fornecendo indicadores como a participação de fontes renováveis e não renováveis na matriz energética e de eletricidade. Dados desagregados sobre oferta e demanda de energia estão disponíveis desde 1970, abrangendo mais de 50 formas de energia e mais de 90 atividades, seguindo critérios contábeis uniformes. Essas informações dão suporte à compilação do inventário de GEE, a vários estudos sobre o financiamento da expansão da oferta de energia e ao planejamento geral do sistema energético. Além disso, estão disponíveis dados sobre recursos energéticos, reservas, instalações de energia, preços, emissões, indicadores econômicos e população.

Complementando o trabalho de dados da EPE, o MME, em parceria com a Organização Latino-Americana de Energia e o Banco de Desenvolvimento da América Latina, lançou em 2019 o Sistema de Informações Energéticas (SIE Brasil). Este sistema consolida dados históricos de energia em nível global, nacional e estadual, respaldado pela Portaria Normativa nº 12 (2021). O SIE Brasil é supervisionado pelo Departamento de Informação, Estudos e Eficiência Energética, que também elabora boletins mensais e o Relatório Energético Brasileiro. O Departamento participa ativamente do ciclo BEN, realizando pesquisas diretas sobre o consumo de combustíveis nas usinas térmicas do Sistema Interligado Nacional, essenciais para o cálculo dos fatores de emissão de projetos de carbono.

## Contextos institucionais e legais

A colaboração entre as principais partes interessadas em dados, incluindo ANP, Petrobras, ANEEL, ONS e CCEE, é essencial para o desenvolvimento do BEN. A coleta de dados do lado da oferta é apoiada pelos acordos da EPE com distribuidores e setores intensivos em energia. Embora a comunicação entre instituições muitas vezes dependa da coordenação informal por meio do MME, um comitê técnico interinstitucional está sendo institucionalizado, coordenado pela EPE para trabalhar na construção do BEN por meio da avaliação do sistema energético do país. Um sistema centralizado, o arquivo CADE Excel, detalha as cadeias de dados de energia, e a EPE coordena a agenda anual de dados, finalizando os resultados em maio de cada ano.

Existe uma estrutura regulatória juridicamente vinculativa para balanços energéticos. Para apoiar o planejamento do setor energético, o MME e a EPE vêm trabalhando em uma portaria ministerial para institucionalizar a atualização anual das estatísticas do BEN. A portaria visa garantir que os agentes detentores de concessões,

permissões ou autorizações para serviços de eletricidade e atividades econômicas relacionadas ao setor de energia e mineração forneçam os dados e as informações técnicas necessárias e suficientes para a elaboração do BEN. Alguns órgãos reguladores possuem legislações que regulam a produção e os estoques e monitoram as vendas setoriais por fonte e por estado, o que é crucial para a discriminação do consumo de energia por setor econômico.

Entretanto, atualmente não há obrigação institucional para que as indústrias forneçam dados ou relatórios a todas as instituições envolvidas no gerenciamento de informações do setor energético. Embora possa haver requisitos relacionados a obrigações ambientais ou financeiras sob estruturas regulatórias mais amplas, não há mandatos para o fornecimento sistemático de informações sobre energia, como dados de produção, consumo ou eficiência, independentemente do tamanho ou escala operacional das empresas. Essa ausência de obrigações reflete um ambiente político-regulatório onde a coleta de dados é amplamente baseada em contribuições voluntárias, mecanismos de mercado ou pesquisas específicas, em vez de requisitos legais.

## Recursos

Cada agência tem um mecanismo de financiamento específico. A EPE opera com base em um orçamento público aprovado anualmente, que normalmente é considerado suficiente para cobrir custos de pessoal, consultores e desenvolvimento regular. Novas iniciativas políticas podem proporcionar oportunidades adicionais; por exemplo, o PROCEL permitiu a alocação de uma parcela mínima das receitas das concessionárias para financiar a coleta de dados. O financiamento internacional (por exemplo, Banco Interamericano de Desenvolvimento, GIZ, Banco Mundial) também pode apoiar atividades pontuais específicas de melhoria de dados.

Dado o envolvimento de diversas entidades no sistema de informações de energia, estimar o número total de empregados em tempo integral trabalhando em estatísticas de energia é desafiador. A maioria das entidades relevantes são públicas, e os processos de contratação geralmente são realizados por meio de concursos públicos que não necessariamente destinam servidores exclusivamente para cargos de gestão da informação ou estatística energética. Consequentemente, profissionais de diferentes formações acadêmicas e técnicas contribuem para a produção e análise de estatísticas de energia. Na EPE, a maioria dos funcionários que trabalham com dados de energia são engenheiros e economistas que lidam com estatísticas, entre outras responsabilidades.

A EPE implementou um programa de capacitação em ciência de dados para melhor estruturar e integrar dados, resultando na criação e disseminação de novos painéis interativos. A EPE também deve receber empregados adicionais após o último concurso público, o que deve fortalecer a capacidade da equipe. Embora os recursos sejam geralmente considerados adequados para as tarefas de dados, a potencial falta de capacidade de reter talentos devido à situação fiscal do país no médio e longo prazo é um risco que as instituições devem considerar.

## Principais metodologias de coleta de dados

A coleta de dados de oferta de energia é geralmente apoiada pela obrigação dos agentes de reportar dados aos reguladores e operadores do sistema. Agências reguladoras como a ANP e a ANEEL possuem deliberações e termos contratuais que exigem que as empresas forneçam dados sobre suas atividades, seja diretamente ou por meio do ONS, da CCEE e da EPE. A ANP coleta dados sobre o mercado de óleo e gás e disponibiliza um painel com informações consolidadas. Isso permite a coleta de dados para diferentes combustíveis (petróleo, gás, derivados de petróleo, biodiesel, etanol, biometano) mensalmente, dos diferentes produtores de energia.

A coleta de dados de demanda é baseada em uma combinação de processos obrigatórios e voluntários. A EPE realiza pesquisas amostrais on-line de grandes autoprodutores (por exemplo, produtores de açúcar e álcool, celulose, metalurgia, petróleo, gás, agricultura e cerâmica, entre outros), usa informações de vendas de fornecedores de energia juntamente com suposições para alocação adicional entre setores e usos, e interage com várias associações comerciais de setores industriais importantes. Pesquisas específicas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística são utilizadas nos ciclos do BEN (por exemplo, censo agropecuário, pesquisa nacional contínua por amostra de domicílios), principalmente para estimativas de consumo de lenha.

A EPE também tem fortes capacidades de modelagem e desenvolveu modelos de demanda para dados de uso final, adaptando-se aos dados disponíveis em todo o país. Possui modelos para o setor residencial, indústria, agricultura, serviços, transporte e demanda de eletricidade. Um importante insumo para o aprimoramento dos modelos de demanda é a [Pesquisa de Posse e Hábitos de Consumo de Equipamentos Elétricos no Setor Residencial](#), realizada no âmbito do PROCEL.

## Histórias de sucesso e objetivos futuros

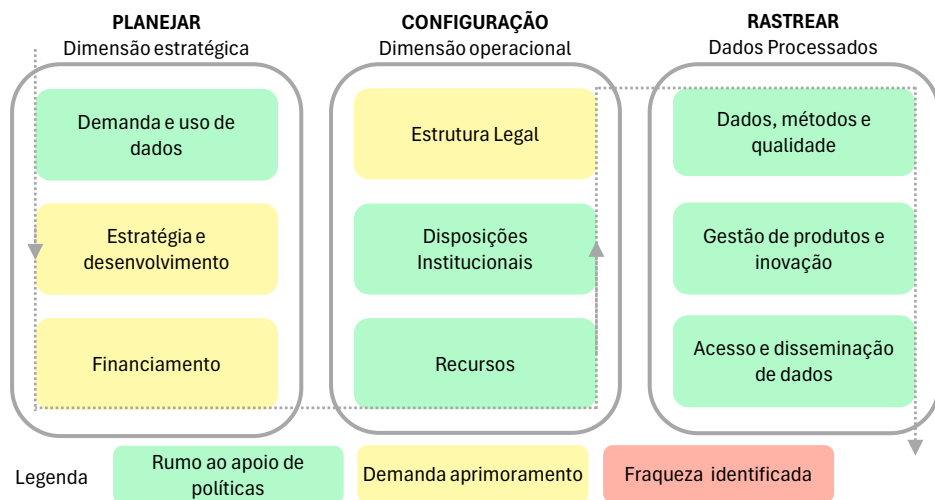
O sistema de informações de energia do Brasil continua a evoluir, melhorando a disseminação e a transparência dos dados, ao mesmo tempo em que melhora a cobertura. Exemplos de avanços recentes incluem a integração de dados solares térmicos no BEN e a modelagem do consumo de eletricidade no transporte por estrada, separado dos setores residencial e comercial. Iniciativas mais amplas para digitalizar informações e explorar ferramentas de gerenciamento de dados baseadas em inteligência artificial estão em andamento para melhorar a acessibilidade de dados e otimizar fluxos de trabalho existentes.

A EPE e o Centro de Estudos e Gestão Estratégica estabeleceram recentemente a coleta de dados sobre PD&D em tecnologia energética dentro do programa Energy Big Push, lançando a plataforma de inovação I-Nova. Esses dados têm sido fundamentais para apoiar a melhoria de políticas e governança de atividades de ciência, tecnologia e inovação nos setores de mineração e energia. Eles também fornecem diretrizes para priorizar P&D em áreas estratégicas, como hidrogênio, biocombustíveis, armazenamento de energia, transformação digital e outras.

A forte colaboração com a AIE permitiu ao Brasil compartilhar balanços energéticos nacionais abrangentes por muitos anos e, mais recentemente, questionários padronizados de estatísticas de combustíveis, dados de PD&D em tecnologia energética, dados sobre preços de uso final e dados de uso final e indicadores de eficiência — tudo isso faz parte de um conjunto mais amplo de requisitos de dados da AIE para os países-membros. Possíveis refinamentos de dados de energia incluem o desenvolvimento de metodologias para rastreamento do consumo de biomassa, criação de um novo balanço energético útil, aumento de dados sobre eletrodomésticos, aumento da granularidade geográfica, melhor monitoramento de sistemas isolados, compreensão do relacionamento com o setor hídrico e aprimoramento da interação com empresas privadas. Esses objetivos sinalizam o compromisso do Brasil com o fortalecimento contínuo da infraestrutura de dados de energia.

O plano de incluir um componente de monitoramento no PLANTE, incorporando indicadores macroeconômicos, índices setoriais e análises das implicações sociais do uso de energia, reflete a ambição do Brasil de integrar efetivamente os dados ao ciclo de políticas e planejamento.

## Autoavaliação do Brasil sobre o sistema nacional de informações energéticas



AIE. CC BY 4.0.

Fonte: AIE (2024), [Elaboração de um Roteiro para Estatísticas de Energia](#).

## Recomendações

### 28. Desenvolver uma estratégia para orientar a evolução do sistema de dados de energia no médio prazo (cinco anos)

Ao longo dos anos, o Brasil consolidou uma base robusta de práticas para a compilação e disseminação de dados de energia, com a EPE atuando como principal repositório de dados e plataforma de disseminação (por exemplo, balanço energético anual, atlas de eficiência, estatísticas de eletricidade e estatísticas de PD&D em tecnologia energética, entre outros); algumas atividades de compilação de dados também ocorrem no MME (por exemplo, produção do SIE Brasil). A acessibilidade de dados é um trunfo importante para o país, assim como a integração de dados em planos de energia de longo prazo, como o PDE. É importante ressaltar que os dados abordam uma grande variedade de usuários:

cidadãos individuais, a imprensa, investidores e agentes de mercado, e tomadores de decisão e formuladores de políticas.

Uma estratégia de dados de energia de médio prazo, interna ou pública, seria benéfica para o governo se concentrar em objetivos de longo prazo e descrever a trajetória potencial do sistema de dados de energia necessário para manter a relevância das políticas e do planejamento em um cenário em evolução. A estratégia, que poderia receber contribuições de consultas aos usuários, poderia descrever mecanismos para envolver os usuários e atender às suas diferentes necessidades, identificar prioridades e alocar recursos de forma eficiente. A estratégia deve incluir critérios de implementação para procedimentos internos e marcos em termos de coleta, gerenciamento e disseminação de dados.

Demonstrar, por meio de uma visão estratégica, o valor do investimento em dados facilitaria a adoção de dados para a tomada de decisões e uma integração ainda mais forte com as políticas, incluindo seu monitoramento eficaz. Uma estratégia de médio prazo também ajudaria as instituições de dados relevantes a lidar com qualquer possível rotatividade de funcionários.

## 29. Reforçar a estrutura institucional para o fornecimento de estatísticas oficiais de energia

O sistema brasileiro de dados de energia é centrado na compilação bem consolidada de dados da EPE de toda a indústria energética e consumidores de energia, incluindo aqueles que geram eletricidade. A EPE é oficialmente obrigada por lei a desenvolver o balanço energético nacional. Para facilitar os processos subjacentes de coleta e compartilhamento de dados, o MME está formalizando por meio de uma portaria o grupo de trabalho técnico formado pelas principais entidades do setor energético. A coleta de dados sobre oferta de energia é geralmente apoiada pela obrigação dos agentes de reportar dados aos reguladores e operadores do sistema, enquanto a coleta de dados de demanda é baseada em uma combinação de processos legais e voluntários.

Dada sua alta ambição política, principalmente o plano PLANTE, o Brasil tem a oportunidade de aumentar ainda mais sua capacidade de fornecer dados de energia de alta qualidade por meio de: considerar opções para expandir a base jurídica da coleta de dados (por exemplo, para o setor industrial); avaliar a conveniência de ampliar seu mandato oficial além do balanço energético; fortalecer o diálogo com

instituições fundamentais fora do setor energético (como o instituto nacional de estatística); e integrar ainda mais abordagens estatísticas em seus processos de dados. Um diagnóstico das diversas saídas de estatísticas de energia seria benéfico para obter um mapeamento claro da natureza dos múltiplos fluxos de dados subjacentes.

Embora os membros da equipe da EPE que trabalham com dados sejam especialistas qualificados em energia que também passam por programas constantes de atualização, a entrega sustentada de dados também exige que se continue a abordar potenciais riscos de recursos. De forma ainda mais crítica, é essencial garantir o orçamento para infraestrutura de TI em todas as instituições que mantêm bancos de dados. Isso se deve à necessidade constante de investir na atualização tecnológica (por exemplo, serviços em nuvem) e na proteção dos dados, garantindo ao mesmo tempo o acesso livre e amplo aos usuários.

### 30. Adaptar o desenvolvimento de dados relevantes para políticas a um contexto energético em rápida evolução

Com base nos dados compilados de várias fontes, a EPE desenvolveu continuamente uma variedade de indicadores além do balanço energético para ajudar a monitorar o progresso das políticas no país. Exemplos de desenvolvimentos recentes de dados incluem a plataforma Inova-e para PD&D, vinculada à participação do Brasil na Missão Inovação. O plano de integrar um componente de rastreamento sólido no PLANTE é mais uma indicação da ambição do país de manter e fortalecer o vínculo da política de dados no futuro.

O Brasil tem a oportunidade de aumentar ainda mais a relevância política de seus dados ao analisar o desenvolvimento potencial em áreas prioritárias que atualmente são abordadas com menos detalhes ou que estão surgindo no cenário energético, incluindo aquelas dentro da dimensão social mais ampla.

As oportunidades no domínio energético incluem: quantificação da demanda de energia em nível mais detalhado (por exemplo, até o balanço de energia útil), abrangendo, por exemplo, o uso para eletrodomésticos e refrigeração; uso de energia em data centers; e o desenvolvimento de dados sobre hidrogênio e minerais críticos.

Exemplos dentro da dimensão social mais ampla da energia incluem: quantificação do uso de lenha e carvão vegetal em residências para obter uma visão mais clara sobre o acesso a soluções de cozinha limpa e pobreza energética, sistemas isolados, empregos, impactos de investimentos e gênero. Nesses casos, o trabalho com dados pode se beneficiar de parcerias com outras instituições, seja na área estatística ou de pesquisa.

Essa evolução deve ser apoiada por um plano de ação concreto que enfrente os principais gargalos, com responsabilidades bem definidas, marcos intermediários estabelecidos e um mecanismo de monitoramento da implementação.

# Anexos

## Agradecimentos

A equipe de estudo da AIE visitou o Rio de Janeiro e Brasília de 3 a 7 de fevereiro de 2025 e se reuniu com autoridades governamentais e partes interessadas dos setores público e privado do setor energético. Este relatório é baseado em informações dessas reuniões, no estudo da equipe de avaliação da política energética do Brasil e em pesquisas detalhadas da AIE. Os membros da equipe de estudo foram Noé van Hulst (Holanda, líder da equipe); Elena Berger (Estados Unidos); Michael Duggan (Reino Unido); Ainslee Emerson (Canadá); Paula Gomes (Portugal); Morten Lindbæck (Noruega); Katarina Yuen (Suécia); e Alejandra Bernal-Guzmán, Paolo Frankl, Pedro Ninô, Roberta Quadrelli e Divya Reddy da AIE. Angela Livino, da Organização Latino-Americana de Energia (OLADE), atuou como observadora na equipe.

Divya Reddy liderou a elaboração do relatório, com base nas contribuições substantivas e na experiência de Pedro Ninô. A revisão foi coordenada por Alejandra Bernal-Guzmán, sob a orientação de Joerg Husar. O relatório se beneficiou de estudos e insights da equipe da AIE, incluindo Oskaras Alšauskas, Yasmine Arsalane, Heymi Bahar, Blandine Barreau, Alejandra Bernal-Guzmán, Elizabeth Connelly, Tomás de Oliveira Bredariol, Chiara Delmastro, Juliette Denis-Senez, Dan Dorner, Paolo Frankl, Roland Gladushenko, Pietro Gioia, Timur Gül, Ilkka Hannula, Joerg Husar, Martin Kueppers, Rena Kuwahata, Ana Lepure, Luca Lo Re, Kieran McNamara, José Miguel Bermudez Menéndez, Jacob Messing, Jack Miller, Gergely Molnár, Jeremy Moorhouse, Amalia Pizarro, Isaac Portugal, Uwe Remme, Cecilia Tam, Tiffany Vass, Anthony Vautrin e Jacques Warichet. Fabian Burkard e Anders Caratozzolo projetaram e prepararam as seções de dados de energia do relatório, análises dedicadas, figuras e tabelas, com o apoio de Anita Finco, Christina Hounisen e Šimon Olmer. Roberta Quadrelli, Zakia Adam e Juha Köykkä forneceram apoio em

estatísticas e dados. Isabelle Nonain-Semelin gerenciou o processo de edição e Astrid Dumond o processo de produção. Jennifer Allain editou o relatório. Pedro Ninô revisou e editou a tradução do relatório para o português.

A AIE agradece ao Secretário Nacional de Transição Energética e Planejamento, Gustavo Cerqueira, pelo seu engajamento e apoio na finalização e no lançamento desta revisão. A AIE também estende seus agradecimentos a Leandro Andrade, Mariana Espécie e à equipe do Ministério de Minas e Energia pela contínua colaboração e assistência, bem como à Empresa de Pesquisa Energética (EPE) por sua participação no estudo, e ao presidente da EPE, Thiago Prado, por receber a equipe no primeiro dia nos escritórios da EPE no Rio.

A AIE também gostaria de expressar seu reconhecimento a Thiago Barral, ex-Secretário Nacional de Transição Energética e Planejamento, por sua liderança e apoio dedicado desde a concepção até a conclusão desta revisão, e a Leandro Albuquerque, ex-Assessor Especial do Ministério de Minas e Energia, por seus esforços na coordenação da visita de revisão, pelas respostas rápidas às solicitações da equipe e por garantir o sucesso de todo o processo.

A AIE também agradece às inúmeras pessoas das seguintes organizações que forneceram informações valiosas para o relatório por meio da discussão técnica durante a visita: Ministério de Minas e Energia; Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas; Ministério das Relações Exteriores; Ministério da Fazenda; Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços; Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; Eletrobras; Empresa de Pesquisa Energética; Agência Nacional de Energia Elétrica; Operador Nacional do Sistema Elétrico; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social; Petrobras; Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás; Equinor Brasil; Shell; Grupo Ultra; Catavento Consultoria; Cosan; Brava Energy; Voltalia; Câmara de Comercialização de Energia Elétrica; PSR Consulting; Neoenergia; ISA Energia Brasil; BTG Pactual; ENGIE Brasil Energia; Banco Mundial; Banco Interamericano de Desenvolvimento; FGV Clima; FGV CERi; Instituto Clima e Sociedade; Centro Brasileiro de Relações Internacionais; Observatório do Clima; E+ Institute; Universidade Federal do Rio de Janeiro; Associação Brasileira da Indústria de Cana-de-Açúcar; Associação Brasileira de Biogás (ABiogás); Bunge Bioenergy; BP Bunge Energy; Be8 Energy; FS Bioenergy; Raízen; Acelen Renewables; Associação Brasileira de Hidrogênio; Associação Brasileira dos Grandes Consumidores Industriais de Energia; Confederação Nacional da Indústria; Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica); Vale S.A; Braskem S.A.; WEG S.A.; Alcoa; e ArcelorMittal.

## Abreviações e acrônimos

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ARCONORTE	Sistema de Interconexão Elétrica da Região Norte
BEN	Balanco Energético Brasileiro
BIP	Plataforma Brasil de Investimentos Climáticos e Transformação Ecológica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRL (R\$)	Real brasileiro
CBIO	Créditos de Descarbonização
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCS	Carbon Capture and Storage - Captura e Armazenamento de Carbono
CCUS	Captura, utilização e armazenamento de carbono
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
DRI	redução direta de ferro
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETS	Sistema de Comércio de Emissões
EUR	Euro
VE	Veículo elétrico
IED	Investimento Estrangeiro Direto
ACL	Mercado de Energia Livre ou Ambiente de Contratação Livre
FONTE	Fórum de Transição Energética
PIB	Produto Interno Bruto
GEE	gases de efeito estufa
HBI	Ferro briquetado a quente
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICS	Instituto para o Clima e Sociedade
AIE	Agência Internacional de Energia
GNL	gás natural liquefeito
GLP	gás liquefeito de petróleo
LULUCF	Uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura
MCMV	Programa <i>Minha Casa Minha Vida</i>
MEPS	Padrões mínimos de desempenho energético
MME	Ministério de Minas e Energia
NDC	Nationally Determined Contribution - Contribuição Nacionalmente Determinada
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico

PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PLD	Preço de Liquidação das Diferenças
PLANTE	Plano de Transição Energética
PNE	Plano Nacional de Energia 30 anos
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PNTE	Política Nacional de Transição Energética
PotencializEE	Programa de Investimento Transformador para Eficiência Energética Industrial
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
FV	energia fotovoltaica
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PD&D	Pesquisa, desenvolvimento e demonstração
SAF	Combustível de aviação sustentável
SBCE	Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa
SIESUR	Sistema de Interconexão Elétrica Sul-Americana
PME	Pequenas e Médias Empresas
OTE	Oferta total de energia
TFEC	Consumo total de energia final
USD (US\$)	Dólar norte-americano
VRE	energia renovável variável

## Unidades de medida

boe	equivalentes barris de petróleo
EJ	exajoule
GW	gigawatt
kb/d	mil barris por dia
kg	quilograma
kg CO <sub>2</sub> -eq/kgH <sub>2</sub>	quilograma equivalente de dióxido de carbono por quilograma de hidrogênio
kW	quilowatts
kWh	quilowatt-hora
md/d	milhões de barris por dia
Mt CO <sub>2</sub> -eq	milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente
Mt H <sub>2</sub>	milhões de toneladas de hidrogênio
MW	megawatt
Nm <sup>3</sup>	metro cúbico normal
PJ	petajoule
t CO <sub>2</sub>	tonelada de dióxido de carbono
TJ	terajoule
TWh	terawatt hora

## International Energy Agency (IEA)

Brazilian Portuguese translation of *Brazil 2025 Energy Policy Review*

Este relatório foi escrito originalmente em inglês. Embora todo o cuidado tenha sido tomado para que esta tradução seja o mais fiel possível, pode haver pequenas diferenças entre este texto e a versão original.

This work reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of the IEA's individual Member countries or of any particular funder or collaborator. The work does not constitute professional advice on any specific issue or situation. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the work's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the work.



Subject to the IEA's [Notice for CC-licensed Content](#), this work is licenced under a [Creative Commons Attribution 4.0 International Licence](#).

Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

IEA Publications  
International Energy Agency  
Website: [www.iea.org](http://www.iea.org)  
Contact information: [www.iea.org/contact](http://www.iea.org/contact)

Typeset in France by IEA - November 2025  
Cover design: IEA

Revised version: March 2026  
Information notice found at:  
[www.iea.org/corrections](http://www.iea.org/corrections)



## Brasil 2025

### Revisão de Política Energética

A ação dos governos desempenha um papel fundamental para garantir transições energéticas seguras e sustentáveis. A política energética é crucial não apenas para o setor de energia, mas também para atingir os objetivos ambientais, econômicos e sociais. Os governos precisam atender às necessidades específicas de seus países, adaptar-se aos contextos regionais e contribuir para o enfrentamento dos desafios globais. Nesse contexto, a Agência Internacional de Energia (AIE) realiza Revisões de Política Energética para apoiar os governos na formulação de políticas de energia e clima mais efetivas.

A presente *Revisão de Política Energética* foi elaborada em parceria entre o Governo do Brasil e a AIE. Baseia-se na ampla experiência da Agência e nas contribuições de especialistas dos países membros para avaliar os principais desafios do setor energético brasileiro e apresentar recomendações sobre como enfrentá-los, com base nas melhores práticas internacionais. O relatório também destaca as áreas em que a liderança do Brasil pode servir de exemplo na promoção de transições energéticas seguras e limpas. Além disso, incentiva o intercâmbio de boas práticas entre países, a fim de promover o aprendizado, construir consensos e fortalecer a vontade política para um futuro energético sustentável e acessível.