



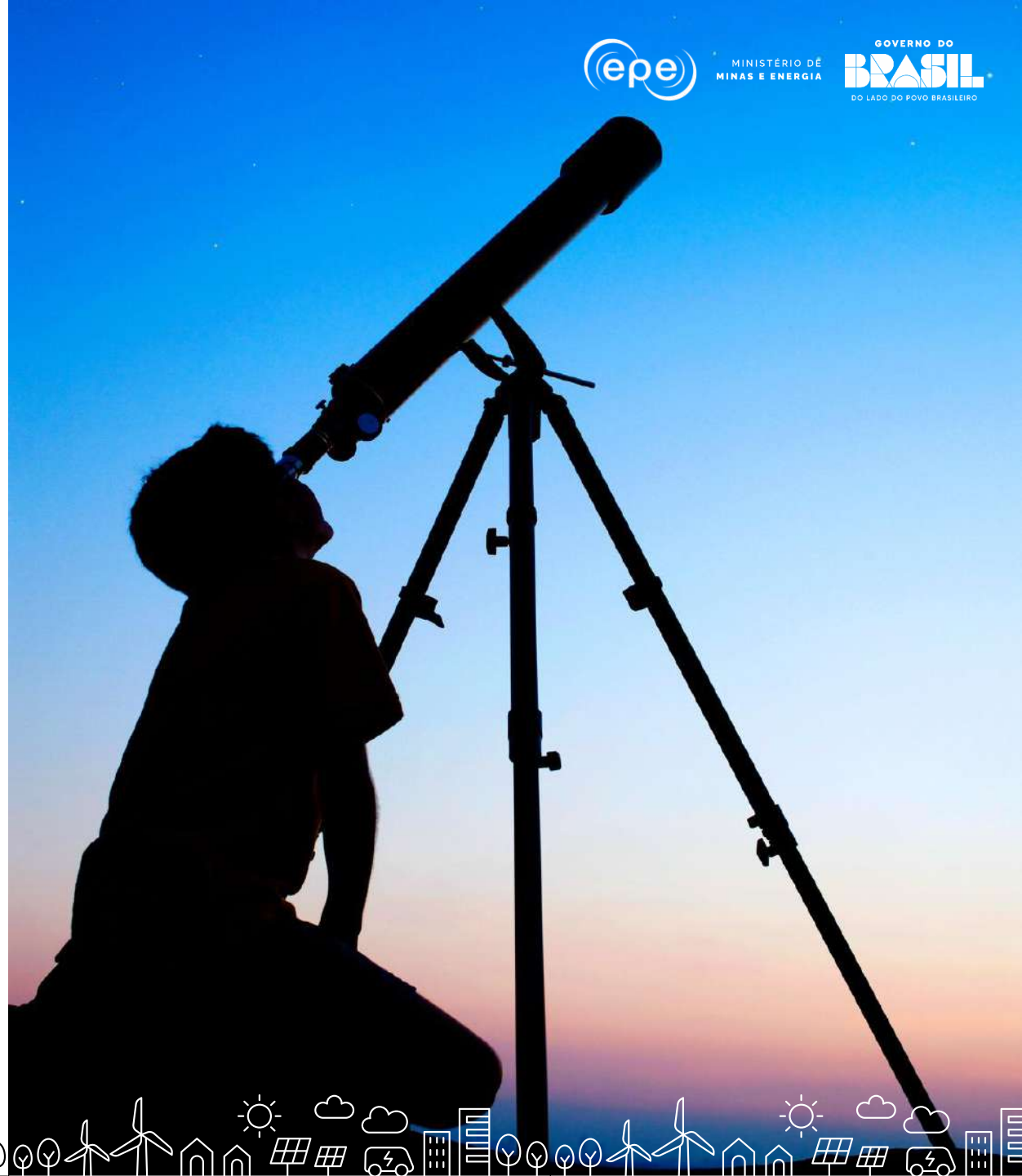
Plano Nacional
de Energia 2055

Rumo a 2055: Perspectivas para o Sistema Energético Nacional do Futuro

Fevereiro 2026



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



FICHA TÉCNICA

(composição dos cargos em fevereiro de 2026)



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Gustavo Cerqueira Ataíde

Secretário Nacional de Energia Elétrica

João Daniel de Andrade Cascalho

Secretária Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

Secretário Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Renato Cabral Dias Dutra

Secretária Nacional de Transição Energética e Planejamento (Substituta)

Lorena Melo Silva Perim

www.mme.gov.br

Rio de Janeiro, 2026



Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo da Cruz Garcia

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa

Carlos Eduardo Cabral Carvalho

www.epe.gov.br

EQUIPE MME

MME

Coordenação Geral

Gustavo Cerqueira Ataíde (até fev/2026)
Lorena Melo Silva Perim (desde fev/2026)

Coordenação Executiva

Leandro Pereira de Andrade

Coordenação Técnica

Sergio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Assessoria Especial de Assuntos Técnicos

Mariana de Assis Espécie

Secretaria Executiva

Fernando Colli Munhoz
Isabela Sales Vieira
Rafael Bastos da Silva

Subsecretaria de Assuntos Econômicos e Regulatórios

Antônio Fernando Costa Pella

Subsecretaria de Sustentabilidade

Maria Ceicilene Aragão Martins
Rita Alves Silva

Secretaria Nacional de Transição Energética e Planejamento

Gabinete da Secretaria

Clara Monteiro Marinho

Departamento de Informações, Estudos e Eficiência Energética

Leandro Pereira de Andrade
Leonel Cerqueira Santos
Liliane Ferreira da Silva
Mariana de Mello Duarte
Pedro Augusto de Menezes Filho
Samira Sana F. de Sousa Carmo
Sergio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Departamento de Planejamento e Outorgas de Geração de Energia Elétrica

André Grobério Lopes Perim
Christiany Salgado Faria

Departamento de Planejamento e Outorgas de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica e Interligações Internacionais

Alisson Lima Silva
Ana Lúcia Álvares Alves
André Luiz Barros de Brito
Felipe Cezar Rissoli
Giacomo Perrotta
Guilherme Zanetti Rosa
João Paulo Fernandes
Maiara Guimarães Rios
Pedro Henrique Milhomem Coutinho
Roberto Rodrigues Loiola
Rodrigo Santos e Barros
Thais Ingrinde de Souza Araujo

Departamento de Transição Energética

Claudir Afonso da Costa
Domingos Savio Marques
Karina Araújo Sousa
Larissa Assunção Oliveira Santos
Marco Antônio Juliatto
Maria dos Reis Santos Borges
Natália Hoffmann Ramos

Secretaria Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Gabinete da Secretaria

Laís Forti Thomaz

Departamento de Biocombustíveis

Lorena Mendes de Souza
Marlon Arraes Jardim Leal

Departamento de Combustíveis

Derivados do Petróleo:

Aldo Barroso Cores Júnior
Danielle Lanchares Ornelas
Deivson Matos Timbó
Edie Andreeto Junior
Rodrigo Mendonça de Lima
Ronny José Peixoto

Departamento de Gás Natural

Fernando Massaharu Matsumoto
João Alencar Oliveira Junior
Marcello Gomes Weydt
Mariana Ferreira Carriconde de Azevedo
Mario César Batista Santos
Maurício de Oliveira Abi-Chahin

Departamento de Política de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural

Carlos Agenor Onofre Cabral
Daniel Lopes Pego
Diogo Santos Baleeiro
Ranielle Noleto Paz Araujo

Secretaria Nacional de Energia Elétrica

Guilherme Silva de Godoi

Departamento de Desempenho da Operação do Sistema Elétrico

Rogério Guedes da Silva

Departamento de Políticas para o Mercado

Martian Leão de Oliveira
Nelson Simão de Carvalho Júnior
Rogério Alexandre Reginato

Departamento de Políticas Setoriais

Aline Teixeira Eleutério Martins
Flávia Souza Ramos dos Guarany

Secretaria Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral

Ana Luiza Brito Aguiar
Anderson Barreto Arruda
Gustavo Santos Masili
José Jesus Lima Neto
Marcus Divino de Castro
Mario Bierknes Duarte Diniz
Miguel Crisostomo Brito Leite
Vinicius Barbalho Varela

EQUIPE EPE

EPE

Coordenação Geral

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Coordenação Executiva

Carla Achão
Gustavo Naciff de Andrade
Patrícia Costa Gonzalez de Nunes

Coordenação Técnica

Arnaldo dos Santos Junior
Bruno Scola L. da Cunha
Camila de Araujo Ferraz
Filipe de Pádua Fernandes Silva
Gabriel Konzen
Lidiane de Almeida Modesto

Núcleo de Modelagem Integrada

Marcelo Costa Almeida
Matheus Richter Poggio de Carvalho
Rafael Rigamonti
Roney Nakano Vitorino

Gabinete da Presidência

Chefe de Gabinete da Presidência:

Fernanda Corrêa Ferreira

Assessores da Presidência:

Gustavo Naciff de Andrade
Patrícia C. G. de Nunes

Equipe Técnica:

Daniel Kühner Coelho
Francisco Abreu Vítter
Juliana R. do Nascimento

Assessores das Diretorias

Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais:

Jeferson Borghetti Soares

Estudos de Energia Elétrica:

Renata N. F. de Carvalho

Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis:

Aline Maria dos Santos

Gestão Corporativa:

Sylvia de Carvalho Bulcão Vianna

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis

Superintendente:

Angela Oliveira da Costa

Superintendente Adjunto:

Marcelo C. B. Cavalcanti

Consultores Técnicos:

Patrícia F. B. Stelling
Rachel Martins Henriques
Rafael Barros Araujo

Equipe Técnica:

Andre Soares Alves
Alberto Jose Leandro Santos
Arthur Cortez Pires de Campos
Bruno R. Lowe Stukart
Carlos A. Góes Pacheco
Dan Abensur Gandelman
Danielle Borher de Andrade
Ederaldo Godoy Junior
Ernesto Ferreira Martins
Euler J. Geraldo da Silva
Fernando D'Angelo Machado
Filipe de Pádua Fernandes Silva
Gabriel da Silva A. Jorge
Guilherme Correa Naresse
Juliana Pereira Targueta
Kriseida Carmem Portella Guedelha
Leonardo Gandelman Freire
Leonidas B. O. dos Santos
Leticia Gonçalves Lorentz

Lucas dos Santos R. Morais
Luciano Basto Oliveira
Marina Damião B. Ribeiro
Paula Isabel da C. Barbosa
Pedro Aguiar Vieira Nunes B. Lopes
Pedro Moura Maciel Braga
Rafael Belém Lavrador
Rafael Moro da Mata
Vinícius Folly Barbosa
Vitor Manuel do E. S. Silva

Superintendência de Estudos Econômicos e Energéticos

Superintendente:

Carla da Costa L. Achão

Superintendente Adjunto:

Arnaldo dos Santos Jr.

Consultores Técnicos:

Camila Araújo Ferraz
Gabriel Konzen
Glaucio V. Ramalho Faria

Equipe Técnica:

Allex Yujhi Gomes Yukizaki
Ana Cristina Braga Maia
Arthur M. Q. Siqueira
Bernardo Honigbaum
Bruna Souza Lopes Graça
Bruno Eduardo Montezano
Bruno Scola L. da Cunha
Caroline Chantre Ramos

Daniel Silva Moro
Erick Mateus Silva de Oliveira
Fernanda M. P. Andreza
Flavia Camargo Araújo
Giovanna C. R. Pedreira
Gustavo Daou Palladini
Igor da Silva Cavalcanti
Igor V. do Nascimento
Jessica Rodrigues Paiva Ferreira
Kevyn Matheus Vieira Nogueira
Lena Santini S. M. Loureiro
Lidiane de A. Modesto
Lucio Carlos Resende
Marcelo Costa Almeida
Marcelo H. C. Loureiro
Mariana Weiss de Abreu
Marina M. Klostermann
Marina Torelli Reis Martins Pereira
Matheus Richter Poggio de Carvalho
Mauro Rezende Pinto
Natalia G. de Moraes
Otto Hebeda
Pablo Rodrigues de Castro
Patrícia Messer Rosenblum
Pedro Henrique Gonçalves Lage
Pedro Paulo F. da Silva
Rodrigo Vellardo Guimarães
Rogério Antônio da S. Matos
Simone Saviolo Rocha
Santiago Silveira Barbosa
Thais Accioly Araujo

EQUIPE EPE

EPE

Theo Juliano Pagartanidis
Yuri Vandresen Pinto

Superintendência de Geração de Energia

Superintendente:

Gustavo Pires da Ponte

Superintendente Adjunto:

Caio Monteiro Leocadio

Consultores Técnicos:

Charles E. G. V. V. de Mello
Fernanda G. B. dos Santos
Guilherme Mazolli Fialho
Mariana de Queiroz Andrade
Pamella E. Rosa Sangy
Renata de A. M. da Silva

Equipe Técnica:

Aline Couto de Amorim
Amanda J. Vinhoza de C. S.
Anderson da Costa Moraes
Andre Luiz da Silva Velloso
Andre Makishi
Bernardo Folly de Aguiar
Bruno Faria Cunha
Daniel Francisconi Oliveira
Davi José Marques Vieira
Diego Pinheiro de Almeida
Felipe Moreira Gonçalves
Fernanda F. Paschoalino
Gianpiero Camargo Bedin

Glaysson de Mello Muller
Guilherme Fonseca Bassous
Helena Portugal G. da Motta
Hermes Trigo D. da Silva
Jaine Venceslau Isensee
Joana D. de F. Cordeiro
Leonardo Sanches Lima
Luis Paulo S. Cordeiro
Marcos A. I. da Fonseca
Michele Almeida de Souza
Nathália Tavares
Patricia Asfor Parente
Paula Monteiro Pereira
Pedro Americo M. David
Rafael Pereira Coelho
Rafael Pinho Furtado
Rafael Rigamonti
Rafaela Veiga Pillar
Renato H. S. Machado
Rodrigo Lugathe da C. Alves
Ronaldo Antonio de Souza
Roney Nakano Vitorino
Saulo Ribeiro Silva
Simone Q. Brandão
Thais Iguchi

Superintendência de Meio Ambiente

Superintendente:

Elisangela Medeiros de Almeida

Superintendente Adjunta:

Glauce Maria Lieggio Botelho

Consultores Técnicos:

Hermani de Moraes Vieira
Mariana R. de C. Pinheiro
Paula Cunha Coutinho

Equipe Técnica:

Alfredo Lima Silva
Ana Dantas M. de Mattos
André Cassino Ferreira
André Viola Barreto
Bernardo Regis G. de Oliveira
Carina Renno Siniscalchi
Carolina M. H. de G. A. F. Braga
Clarice Augusta Carvalho Cardoso
Clarice Buarque de Macedo Lira
Clayton Borges da Silva
Cristiane Moutinho Coelho
Daniel Dias Loureiro
Denilson da Silva Almeida
Fernando José Soares Barros
Gabriel de Almeida de Barros
Gabriel Henrique Gomes de Souza F. Teixeira
Guilherme de Paula Salgado
Gustavo Fernando Schmidt
Juliana Velloso Durão
Kátia G. Soares Matosinho
Leonardo de Sousa Lopes
Leyla A. Ferreira da Silva
Lucas Silva Carvalho
Luciana Álvares da Silva
Luciana Athanasio de Azevedo
Luciana Renata Carvalho Pedreira

Marcos Ribeiro Conde
Maria Fernanda B. Pinheiro
Mariana Lucas Barroso
Marilene Dias Gomes Motta
Mathias Luiz Mafort Ouverney
Nicholas Bernardes Gjorup
Robson de Oliveira Matos
Rodrigo Abreu Carvalho
Silvana Andreoli Espig
Thiago Galvão
Valentine Jahnel
Verônica S. da M. Gomes
Vinicius M. Rosenthal

Superintendência de Petróleo e Gás Natural

Superintendente:

Marcos Frederico F. de Souza

Superintendente Adjunto:

Marcelo F. Alfradique

Consultores Técnicos:

Ana Claudia S. Pinto
Regina Freitas Fernandes
Roberta de A. Cardoso

Equipe Técnica:

Adriana Queiroz Ramos
Áureo Igor Wanderley Ramos
Bianca N. de Oliveira
Bruna Silveira Guimarães
Camila da Mota Carvalho

Carolina O. de Castro
Claudia M. Chagas Bonelli
Deise dos S. Trindade Ribeiro
Denise dos S. Silva Reinoldes
Filipe Soares da Cruz
Gabriel Lacerda da Silva
Gabriela N. da Silva
Harnon Martins Ramos
Henrique P. G. Rangel
Isis de Oliveira Fernandes
Ivan Pablo Lobos Aviles
Katia Souza D'Almeida
Laura Cristina D. Cardoso
Luiz P. Barbosa da Silva
Marcelo Pereira Almeida
Natália da V. B. Teixeira
Nathalia Alves Anes Rodrigues
Nathália Oliveira de Castro
Nelson Pereira Filho
Pamela Cardoso Vilela
Pedro de Moura Bernardino
Pericles de Abreu Brumati
Rafael Freitas F. Lemme
Raul Fagundes Leggieri
Rubens F. J. M. da C. Ribeiro
Victor Hugo Trocate da Silva
Victor Rezende dos Santos

EQUIPE EPE

EPE

Superintendência de Transmissão

Superintendente:

Thiago de Faria Rocha Dourado Martins

Superintendente Adjunto:

Marcos Vinicius Gonçalves da Silva
Farinha

Consultores Técnicos:

Daniel José Tavares de Souza
Lucas Simões de Oliveira
Rafael Theodoro Alves e Mello
Thais Pacheco Teixeira

Equipe Técnica:

Anderson de Melo Mattos
Armando Leite Fernandes
Arthur Soares da Cunha Reis
Bruno Cesar Mota Maçada
Bruno Scarpa A. da Silveira
Clerio Cesar Gomes Alencar Arrais
Daniel Dobrochinski Maia
Davi Jose Alvarez Magalhaes
Dourival de S. Carvalho J.
Fabiano Schmidt
Fabio de Almeida Rocha
Igor Chaves
Jean Carlo Morassi
João Alves da Silva Neto
João Mauricio Caruso
Jônatas Freitas Mascarenhas Freire
Jonathan Veiga Velasco Costa
Luiz Felipe Froede Lorentz
Marcelo Lourenco Pires

Marcelo L. de C. M. Moreira
Marcelo Willian Henriques Szrajbman
Marco Antônio da Cunha Soveral
Maria de Fatima de C. Gama
Matheus Rosa Nascimento
Matias Halmenschlager Hubert
Miguel F. M. Sampaio Pinto
Paula Vieira Machado
Paulo Fernando de M. Araujo
Pedro de Souza Miller
Priscilla de Castro Guarini
Rafael de Carvalho Caetano
Renan Gonzaga Silva dos Santos
Rodrigo Escorcio Gomes
Rodrigo Gomes Martins
Rodrigo Ribeiro Ferreira
Rodrigo Rodrigues Cabral
Thiago Lima Soares Mourão
Thiago Veiga Madureira
Tiago Campos Rizzotto
Vanessa Stephan Lopes
Vinicius Ferreira Martins
Wilson Dutra Sampaio
Yan Ricardo Damasceno Rangel
Yuri Rosenblum de Souza
Yves Abrahão Lucena e Silva

Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicações

Superintendente:

Cláudia Bento

Superintendente Adjunto:

João Marcos do Carmo Giordano

Consultores Técnicos:

Anderson de Oliveira Mello
Rafael de Carvalho Bulkool

Apoio Técnico:

João Marcos Amorim dos Santos
Victor Melquiades Xavier Leal

APRESENTAÇÃO

A EPE tem entre suas principais atribuições o desenvolvimento de planos de médio e longo prazo para o setor energético nacional, como o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e o Plano Nacional de Energia (PNE).

Por meio de uma governança inovadora, que envolveu dois grupos de trabalho – um dedicado à elaboração dos cenários energéticos de longo prazo (GT Cenários) e outro à representação e otimização das cadeias energéticas em um modelo energético integrado (GT Modelos) –, a EPE, em colaboração com o Ministério de Minas e Energia (MME), tem liderado o processo de elaboração do Plano Nacional de Energia 2055 (PNE 2055). Em conformidade com a periodicidade definida na Portaria MME nº 6, de 7 de janeiro de 2020, a publicação dos documentos que compõem o PNE 2055 ocorre nos anos de 2025 e 2026.

O presente documento apresenta a **estratégia de longo prazo para o sistema energético nacional** a partir de uma síntese dos principais insumos e resultados do processo de construção do PNE 2055. A primeira etapa foi dedicada ao desenvolvimento de diferentes cenários qualitativos a partir de um processo participativo e uma abordagem inovadora, que resultou na publicação do **Caderno de Cenários Energéticos de Longo Prazo**, em 2025. A qualidade metodológica e a robustez dos resultados alcançados nessa etapa se refletiram não apenas na criação de capacidade interna na elaboração de estudos de longo prazo, mas também na contribuição para outras importantes iniciativas em andamento, como a

Política Nacional de Transição Energética (PNTE) e o Plano Nacional de Transição Energética (PLANTE), do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), e o Estratégia Brasil 2050, do Ministério do Planejamento e Orçamento (MPO).

De forma integrada e paralela à elaboração qualitativa dos cenários, foi realizado o mapeamento do potencial de recursos energéticos no Brasil e iniciou-se uma agenda inédita de estruturação de um modelo integrado para a representação quantitativa de cenários energéticos do PNE 2055. Os resultados detalhados desta etapa serão posteriormente divulgados no **Caderno de Potencial dos Recursos Energéticos**, no **Caderno de Quantificação dos Cenários**, e em uma ferramenta de visualização dos resultados quantitativos, o **Painel PNE 2055**, complementando as sinalizações inicialmente apresentadas nesse material.

A reflexão estratégica sobre o futuro do sistema energético nacional nasce de uma abordagem prospectiva e sistêmica e de um processo colaborativo de construção do PNE 2055. Este processo contribui não apenas para o compartilhamento e alinhamento de visões sobre a transição energética no Brasil, mas também ressalta a importância de conexão deste importante instrumento (o PNE 2055) com outras políticas e instrumentos estratégicos para o alcance do futuro almejado.

Desejamos a todos uma boa leitura!



Sobre o Plano Nacional de Energia 2055



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

O Plano Nacional de Energia



O **Plano Nacional de Energia (PNE)** é um dos principais instrumentos de planejamento de longo prazo do setor energético brasileiro. Desde a sua criação, o PNE consolidou-se como referência para a definição de diretrizes estratégicas voltadas ao desenvolvimento do sistema energético nacional. O **PNE 2030**, publicado em 2007, foi o primeiro marco dessa trajetória, seguido pelo **PNE 2050**, lançado em 2020, que ampliou o horizonte de análise e reforçou o compromisso com a transição energética. Agora, em 2026, o **PNE 2055** dá continuidade a esse processo, incorporando uma abordagem inovadora baseada em cenários prospectivos, em um modelo energético integrado e em uma governança institucional fortalecida.

Linha do tempo do Plano Nacional de Energia



Histórias consistentes de futuro como apoio à decisão

O PNE 2055 coloca luz nos desafios e nas oportunidades para o avanço rumo a um **sistema energético descarbonizado que contribua para o desenvolvimento sustentável** do País, em alinhamento aos compromissos e políticas vigentes, como a Política Energética Nacional e a Política Nacional de Transição Energética.

Em um contexto de profundas transformações e incertezas, no Brasil e no mundo, os **cenários prospectivos constituem instrumentos essenciais e valiosos** para compreender a complexidade do ambiente e apoiar a formulação de estratégias de longo prazo do setor energético nacional. Mais do que tentar prever o que vai acontecer, **os cenários são histórias consistentes sobre o futuro** e ferramentas práticas de apoio à decisão sob incerteza, que permitem explorar alternativas, avaliar implicações e antecipar desafios que orientarão a trajetória energética nas próximas décadas.

Com base na criação de cenários energéticos de longo prazo e na análise do potencial de recursos energéticos brasileiros, foram realizados exercícios quantitativos que esboçam três futuros possíveis para o setor energético. Os resultados apresentados devem ser interpretados à luz desses cenários – **não como projeções ou trajetórias únicas, mas como narrativas consistentes de futuros possíveis**. Esses exercícios não são um fim em si mesmos, e sim um meio para ampliar a compreensão sobre as dinâmicas estruturais e os fatores críticos que influenciam o sistema energético.

O caminho percorrido pelo PNE 2055 oferece uma base sólida para reflexões estratégicas que sustentam o desenho da estratégia de longo prazo do setor energético nacional, de forma integrada às ambições climáticas e aos objetivos de desenvolvimento sustentável, tão relevantes para o Brasil e para o mundo.



Como o PNE se comunica com o PDE

O **Plano Nacional de Energia** (PNE) tem “o objetivo principal de permitir **avaliar os possíveis caminhos** da expansão e desenvolvimento da infraestrutura energética nacional e **orientar estratégias na formulação de políticas** setoriais”.

Publicado a cada cinco anos, o PNE desempenha um papel técnico fundamental ao explorar tendências e analisar incertezas no horizonte de longo prazo, o que permite avaliar transformações mais profundas na matriz energética, assim como a maturação de novas tecnologias. Dessa forma, o plano serve como um **orientador** para a elaboração e o **aperfeiçoamento de políticas, programas e iniciativas do setor energético nacional**, assim como para estratégias empresariais.

Nesse sentido, o **PNE 2055 é um documento técnico estratégico que se propõe a orientar debates relacionados aos desafios e oportunidades para a construção de um sistema energético descarbonizado que contribua para o desenvolvimento sustentável do Brasil no horizonte 2055.**

Por outro lado, o PNE não deve ter seu papel confundido com o do **Plano Decenal de Expansão de Energia** (PDE), que é um “instrumento base de planejamento integrado que tem o objetivo principal de **indicar as perspectivas da expansão do setor** de energia para os diversos energéticos disponíveis, subsidiando a formulação e avaliação de políticas públicas”. Nesse sentido, com horizonte de estudo mais curto e elaboração mais frequente, se reflete como importante forma de **monitoramento da estratégia e da política energética**, com análises capazes de apontar necessidades de mais curto prazo, incluindo o aperfeiçoamento de marcos vigentes para que os objetivos de longo prazo sejam atingidos.



Como as políticas públicas se apresentam nos cenários do PNE 2055

Todos os cenários energéticos de longo prazo do PNE 2055 partem do pressuposto da existência das políticas públicas vigentes. Essas **políticas existentes constituem a base comum** sobre a qual se constroem diferentes trajetórias possíveis de futuro.

O **alcance desse conjunto de políticas**, no entanto, **varia significativamente** entre os cenários, refletindo as diferentes condições que se apresentam em cada um. Em especial, destaca-se o papel central da governança na condução de um modelo de desenvolvimento sustentável que esteja alinhado às políticas e compromissos climáticos no âmbito do Acordo de Paris. Além disso, a maturidade de fatores habilitadores, que contempla aspectos como os custos e a regulação de tecnologias de baixo carbono, a coordenação e integração de políticas para a transição energética, dentre outros.

Ainda que possam ser necessárias políticas adicionais para fazer frente às ambições nacionais, é importante reconhecer que muitas políticas relacionadas à transição energética ainda se encontram em implementação. Isso significa que os efeitos esperados só poderão ser plenamente observados com o tempo, sendo **essencial garantir sua continuidade e aprimoramento para que os resultados previstos se concretizem de forma efetiva e duradoura**.



O caminho para a construção do PNE 2055 passa por três grandes etapas, com inovações metodológicas importantes em relação aos ciclos anteriores

Conforme detalhamento apresentado no [Caderno de Cenários Energéticos](#), o desenvolvimento de cenários de longo prazo para o setor energético representa uma base tecnicamente sólida para a **construção estratégica e o planejamento sob incerteza**.

E, **para os exercícios quantitativos do estudo, pela primeira vez foi utilizado um modelo integrado de planejamento energético** que usa otimização por minimização de custo total, de forma a garantir a consistência global dos cenários elaborados.

Etapas de construção do PNE 2055



O processo de cenarização do PNE 2055 começou com uma análise retrospectiva e situacional e com o mapeamento dos recursos energéticos que nos ajudaram a responder onde estamos.

Através do desenvolvimento de cenários qualitativos e quantitativos, foram definidos com mais clareza os diferentes futuros possíveis e aonde pretendemos chegar.

Por fim, a etapa de elaboração estratégica endereçou como vamos chegar lá.

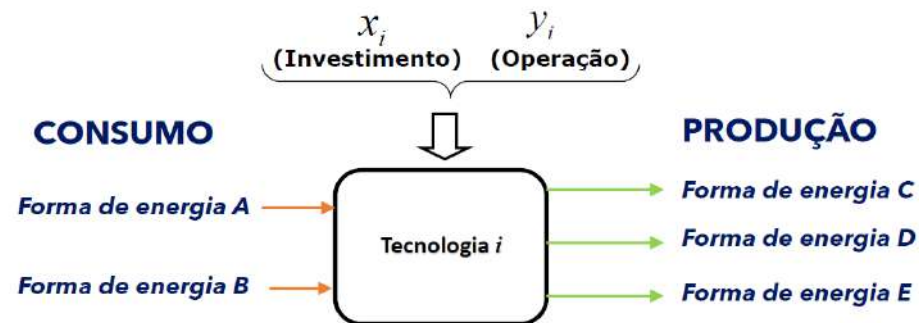
¹ Baseado no modelo MATRIZ/CEPEL.

² Utiliza dados de modelos especialistas de demanda de energia.

A importância de um modelo integrado para o planejamento energético brasileiro

Modelos de otimização são representações matemáticas que buscam representar um ou mais sistemas com o objetivo de encontrar uma solução ótima para um determinado problema. Modelos na área de energia e meio ambiente são naturalmente interdisciplinares, complexos e de múltiplas aplicações. Nesse sentido, **modelos de avaliação integrada têm como objetivo garantir a consistência de longo prazo, geralmente, realizando exercícios comparativos de diferentes cenários.**

Modelo Integrado de Planejamento Energético



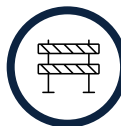
O modelo integrado de planejamento energético utilizado no PNE 2055 foi desenvolvido pela EPE em parceria com o CEPEL. Trata-se de um modelo de equilíbrio parcial, que representa o **setor energético nacional dividido em 5 regiões para um horizonte temporal entre 2025 e 2055**. É um modelo *bottom-up* de programação linear que **busca minimizar custos de investimento e operação associados a oferta de energia** (função objetivo), de forma que a solução satisfaça um conjunto de restrições. O modelo integrado pode representar desde os recursos/reservas ou importações até a demanda de energia útil e exportações. Dentre as restrições, destacam-se o atendimento às demandas energéticas, limites às extrações de reservas e limites de emissões de GEE. **Cenários macroeconômicos e as demandas energéticas são dados exógenos (de entrada)**, oriundos de modelos especialistas nas áreas de economia, transportes, indústria e edificações. Destaca-se também a representação de **mais de 2 mil tecnologias como opções para a produção e conversão de energia**, as quais consomem e/ou produzem uma ou mais formas de energia ao longo de diferentes cadeias energéticas.



Principais resultados

- Estratégias de expansão para o setor energético brasileiro com visão sistêmica, considerando aspectos técnico-econômicos e socioambientais.
- Tendências tecnológicas compatíveis com o setor energético brasileiro do futuro e indicativos de investimentos para diferentes cenários.
- Evolução da capacidade instalada e operação de diferentes rotas tecnológicas.
- Evolução da oferta e da demanda de energia no longo prazo compatível com o desenvolvimento da economia brasileira.
- Indicativo sobre trajetórias custo-efetivas do setor energético para contribuir para o cumprimento de metas climáticas nacionais.
- Proposição de políticas públicas para diferentes cadeias energéticas.

Limitações metodológicas e soluções aplicadas ao PNE 2055



Limitações metodológicas referem-se às restrições que podem afetar a interpretação, a generalização e a comunicação dos resultados. Reconhecê-las é fundamental para a credibilidade do estudo e para o direcionamento de pesquisas e avanços metodológicos futuros.

- Representação simplificada de cadeias energéticas: operação do sistema elétrico no modelo integrado é representada em dois patamares (potência e energia), com atenção à representação tanto da demanda quanto da disponibilidade dos recursos, com fatores de contribuição fixos ao longo do horizonte. A produção de petróleo e gás natural no modelo integrado é representada por ambiente exploratório (águas profundas, ultra profundas, *onshore*) e por tipo de recursos (descobertos e não descobertos).
- Alta dependência de premissas (cenários, não previsões): mudanças em hipóteses relacionadas a custos, política, crescimento econômico, comportamento e disponibilidade tecnológica podem alterar os resultados da otimização do modelo integrado.
 - Custos de capital (investimentos) e custos de operação das opções tecnológicas representadas no modelo integrado se baseiam em dados atualizados da literatura científica, considerando diferentes níveis de maturidade tecnológica aplicadas a um estudo de longo prazo. Investimentos de infraestruturas associadas ao setor de energia são estimativas exógenas a otimização do modelo integrado.
 - Demanda energética é exógena ao modelo integrado: modelos especialistas simularam trajetórias por fonte energética para os setores de demanda final, as quais foram consideradas como *inputs* para o modelo integrado. A penetração de tecnologias associadas a demanda final de energia é simulada por meio de diferentes modelos nas áreas de transportes, indústria, edificações, etc., que representam tendências tecnológicas alinhadas ao contexto brasileiro e às narrativas dos cenários do PNE 2055.
 - Restrições de emissões de gases de efeito estufa: o modelo integrado representa limites de emissões de GEE para o setor de energia baseado em trajetórias alinhadas às narrativas dos cenários do PNE 2055 e, conseqüentemente, às metas climáticas da NDC brasileira, utilizando como referência cenários e dados da literatura científica (IPCC, Plano Clima).



Possíveis aprimoramentos metodológicos em estudos de longo prazo:

- Estimativas de impactos socioeconômicos de cenários de longo prazo;
- Efeitos das mudanças climáticas sobre a oferta e a demanda de energia e contabilização do custo da inação climática em cenários de longo prazo;
- Representação do sistema brasileiro de comércio de emissões (SBCE) e estimativas de possíveis impactos do mercado regulado e da precificação de carbono no setor de energia.



Cenários energéticos de longo prazo: tendências e incertezas



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Escopo geral e dimensões-chave dos cenários energéticos do PNE 2055

O processo de construção da lógica dos cenários energéticos de longo prazo do PNE 2055³ partiu de uma abordagem participativa e sistêmica, envolvendo múltiplas dimensões. Todas as etapas percorridas, incluindo o mapeamento de condicionantes de futuro – tendências e incertezas –, tiveram como base a reflexão sobre desafios e oportunidades para **um sistema energético descarbonizado como vetor de desenvolvimento sustentável no Brasil**.

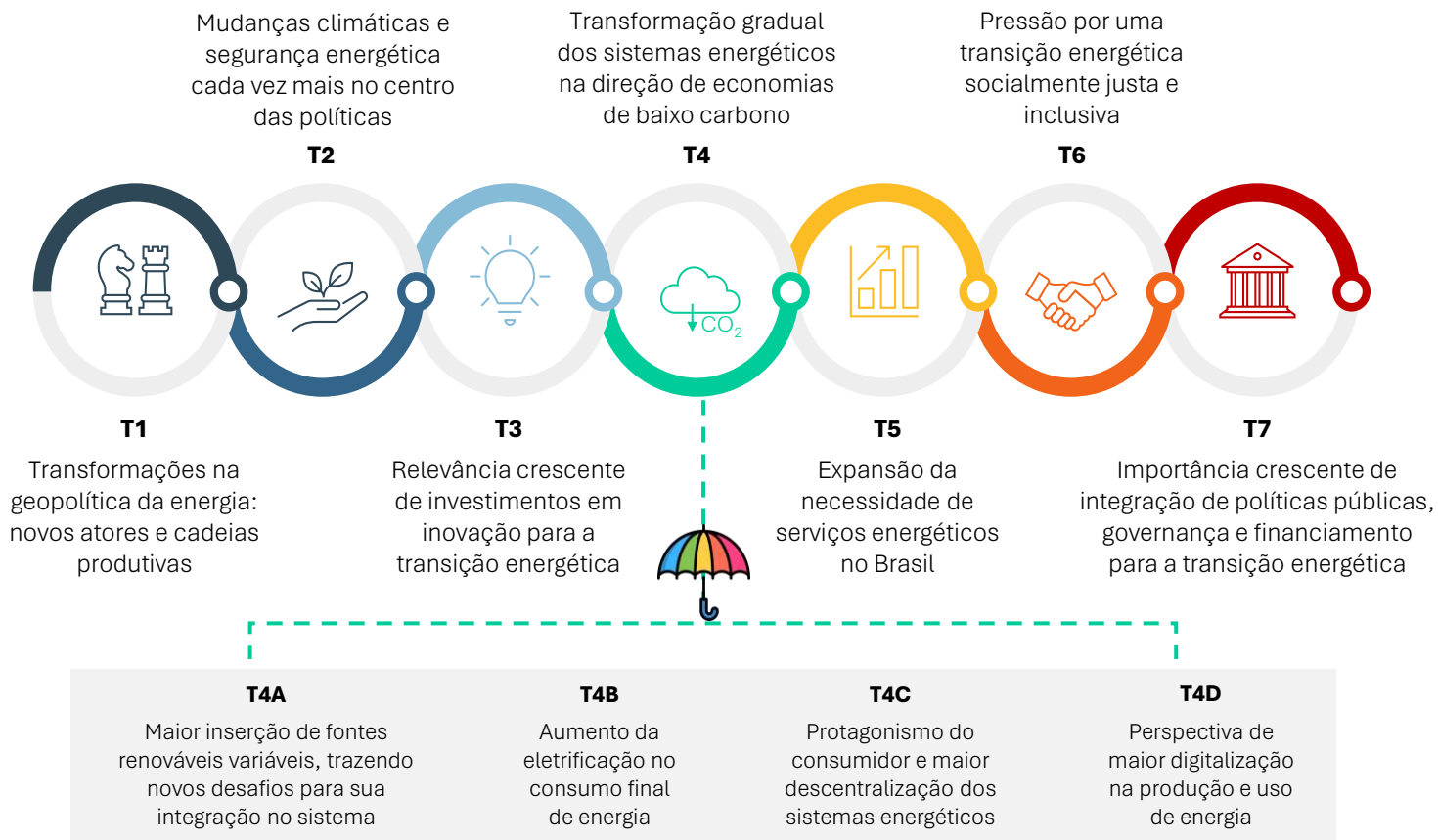
Quadro síntese e dimensões-chave dos cenários energéticos do PNE 2055



³ Caderno de Cenários Energéticos do PNE 2055.

Grandes tendências para o sistema energético nacional até 2055

Tendências para o sistema energético nacional até 2055



As **tendências são forças que existem hoje e que estarão presentes no futuro**, atuando como um pano de fundo comum a todos os cenários. Nesse sentido, o PNE 2055 mapeou as **principais tendências para o sistema energético nacional até 2055**. As mudanças climáticas, as transformações na geopolítica da energia e a necessidade crescente de uma transição energética justa e inclusiva são exemplos de mudanças que, além de exigirem respostas imediatas do País, apresentam claros efeitos sobre a transição energética brasileira.

Em relação à **transformação gradual dos sistemas energéticos na direção de economias de baixo carbono**, trata-se de uma tendência que engloba mudanças extremamente relevantes e desafiadoras para o setor, sendo fundamental o destaque desses movimentos.

A magnitude e velocidade de algumas dessas mudanças, entretanto, ainda têm elevado grau de incerteza, motivo pelo qual o PNE 2055 também avançou nesse diagnóstico.

Principais incertezas para o sistema energético nacional até 2055

Incertezas são fenômenos com baixa previsibilidade e elevado impacto em relação ao futuro do objeto de cenarização. E as hipóteses sobre seus estados futuros são elementos balizadores importantes da construção da lógica dos cenários.

A partir de um processo participativo de dinâmicas e debates, e também de uma abordagem sistêmica, o PNE 2055 mapeou um conjunto de grandes incertezas para o sistema energético nacional no horizonte de 2055.

A definição de diferentes hipóteses sobre o conjunto de incertezas foi usada como base para o desenho dos cenários energéticos ...

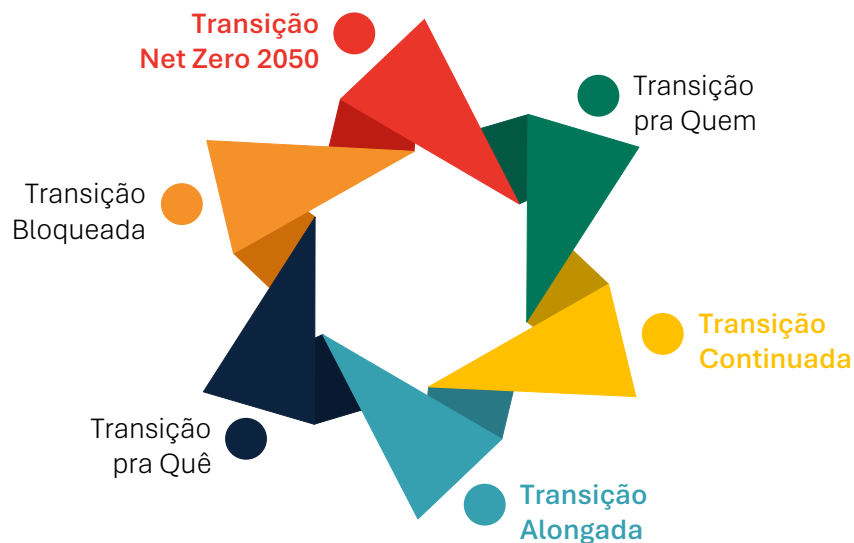
Incertezas para o sistema energético nacional até 2055

- 1 Quais serão os **impactos das mudanças climáticas** sobre o sistema energético brasileiro? O sistema energético brasileiro será flexível e resiliente para lidar com **eventos climáticos extremos**?
- 2 Como o Brasil **conciliará políticas de desenvolvimento socioeconômico com a agenda climática**?
- 3 Haverá **construção de consenso sociopolítico** que assegure governabilidade e coerência de políticas e incentivos para a transição energética?
- 4 Haverá **capacidade de coordenação e de integração entre diferentes políticas públicas**, financiamento e governança para a transição energética?
- 5 Quais serão os **impactos da inovação e da evolução tecnológica** no desenvolvimento sustentável?
- 6 Como evoluirá o **modelo de desenvolvimento brasileiro**? Brasil conseguirá avançar nas cadeias globais de valor e se destacar como uma **potência industrial sustentável**?
- 7 Como a **transformação digital** irá impactar o setor energético nacional?
- 8 Como evoluirão as **cadeias produtivas relevantes para a transição energética** no Brasil? Como evoluirá a **dependência produtiva e tecnológica** dessas cadeias?
- 9 Como evoluirá o **financiamento para transição energética** no Brasil?
- 10 Como será a **regulação** para o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono e o **custo** dessas tecnologias?
- 11 Será possível desenvolver a **infraestrutura e redes elétricas flexíveis e resilientes** para o sistema elétrico do futuro?
- 12 Qual será a estratégia para lidar com o planejamento e a operação de um sistema elétrico mais descentralizado com elevada participação de **fontes renováveis variáveis**?
- 13 Qual será a velocidade e intensidade de **descarbonização do transporte e da indústria**?
- 14 Qual será o ritmo e a intensidade de **inserção dos RED** e quais serão seus impactos no sistema energético brasileiro?
- 15 Como será o **crescimento da demanda de energia** no Brasil? Como as **mudanças demográficas e comportamentais** irão afetá-la?
- 16 Haverá **acesso universal, confiável, moderno** e a preços acessíveis de energia?
- 17 Como evoluirá a **pobreza energética e a desigualdade** no consumo de energia no Brasil?
- 18 O **net zero** será efetivamente alcançado no Brasil?
- 19 Como será a **exploração de novas fronteiras de óleo e gás** no Brasil?
- 20 Como a transição energética brasileira poderá ser **vetor para desenvolvimento sustentável** no País?

Os cenários energéticos de longo prazo do PNE 2055

A geração da lógica dos cenários energéticos a partir de técnicas de priorização de incertezas resultou na **criação de seis futuros possíveis para o sistema energético brasileiro**⁴.

Três cenários foram escolhidos para serem avaliados na etapa de exercícios quantitativos através de modelagem integrada, representando um conjunto relevante de futuros possíveis⁵ para a construção da estratégia de longo prazo do setor energético.



Exercícios quantitativos para três futuros possíveis do setor energético



TRANSIÇÃO NET ZERO 2050 (TNZ)

- 3,8% a.a. de crescimento do PIB e **forte redução da desigualdade**.
- **Transformação estrutural da economia**, com maior crescimento da indústria nacional.
- Governança forte, regulação eficaz e financiamento amplo e diversificado.
- Alcance do **net zero em 2050** no setor energético.



TRANSIÇÃO ALONGADA (TA)

- 3,2% a.a. de crescimento do PIB e **expansão do consumo** das famílias.
- Economia ainda apoiada em um **modelo primário exportador**.
- Avanços na governança e na integração de políticas, regulação eficaz; financiamento instável.
- Brasil avança na transição energética mas não alcança o **net zero** até 2050.



TRANSIÇÃO CONTINUADA (TC)

- 2,5% a.a. de crescimento do PIB e **redução marginal** da desigualdade.
- Manutenção do **modelo primário exportador**.
- Governança bem estruturada; menores avanços na regulação e financiamento insuficiente.
- **Manutenção do ritmo histórico de transição energética do país** (sem meta estipulada de **net zero**).

⁴ O cenário Transição Alongada foi elaborado posteriormente aos demais, como forma de representar um futuro possível em linha com mudanças recentes na conjuntura internacional.

⁵ Sob a lógica de futuros possíveis, não há um cenário *business as usual* (BAU) dentre os cenários do PNE.



Principais mensagens da quantificação dos cenários



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

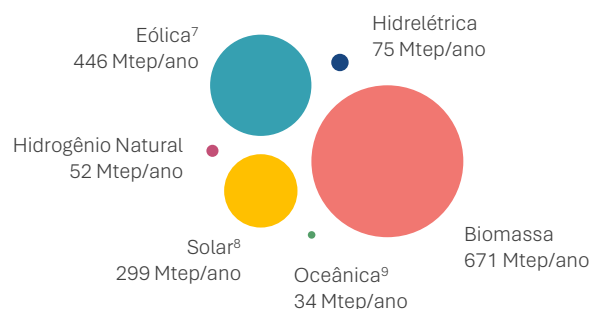
A diversidade de recursos energéticos se mostra como uma vantagem estratégica do Brasil



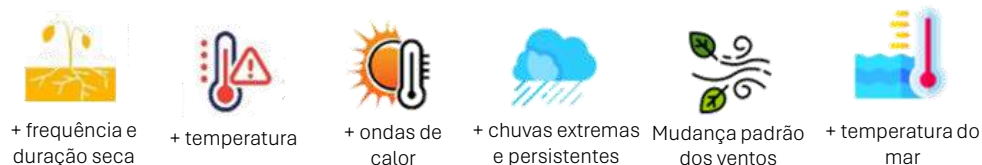
Brasil tem **recursos energéticos suficientes** para suprir as necessidades dos cenários energéticos no PNE 2055.

- Refletindo sua natureza recorrente e sustentável, o **potencial renovável** de 1,6 bilhão de tep ao ano reflete a energia renovável anualmente disponível no país, **aproximadamente cinco vezes superior ao consumo anual do país em 2024.**

Potencial energético renovável brasileiro anual para expansão⁶ (Mtep por ano)



- É importante avançar em estudos relacionados aos **impactos das mudanças do clima** na disponibilidade desses recursos.



- O Brasil também possui recursos não renováveis que, apesar de finitos e exauríveis, são abundantes, com **potencial técnico não renovável** de 20,6 bilhões de tep, **cerca de 70 vezes superior ao consumo energético anual do país.**

Potencial energético não renovável total brasileiro para expansão (Mtep)



⁶ Embora o potencial técnico anual das fontes renováveis seja inferior ao volume total dos estoques fósseis, trata-se de um fluxo contínuo de energia, disponível de forma indefinida ao longo do tempo. O valor apresentado representa a quantidade passível de aproveitamento em um único ano, refletindo a natureza recorrente e sustentável dessas fontes. Já os recursos não renováveis, mesmo abundantes, são finitos e exauríveis.

⁷ Potencial eólico considera aplicações *onshore* e *offshore*.

⁸ Potencial solar considera aplicações fotovoltaicas distribuídas e centralizadas (*onshore* e *offshore*), assim como a tecnologia heliotérmica.

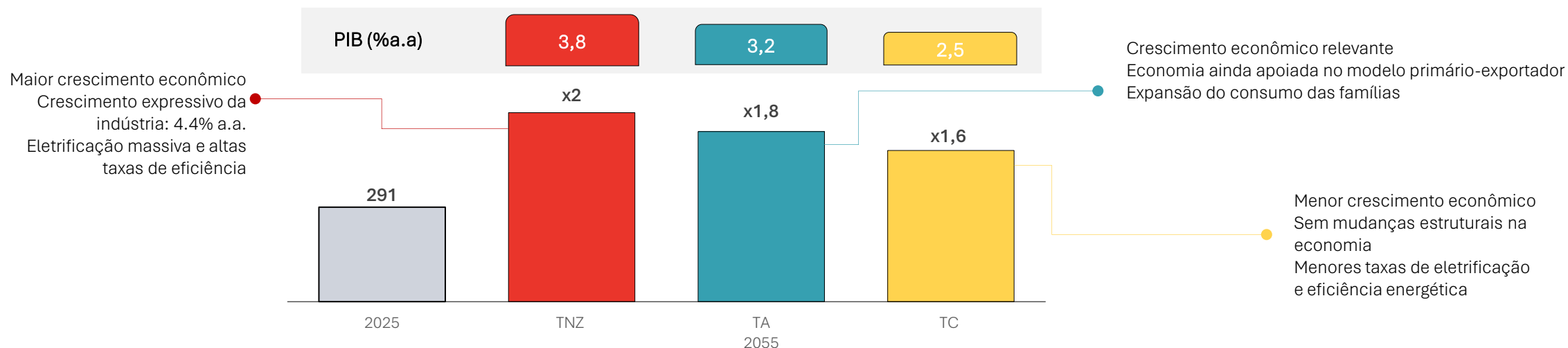
⁹ Potencial oceânico considera o aproveitamento por ondas e marés, porém, não considera variação por conta de diferenças de temperatura.

O consumo de energia tende a se multiplicar com o bom desempenho econômico do País...

Nos cenários quantificados, a economia brasileira pode crescer, em média, entre 2,5% a.a. e 3,8% a.a. até 2055. O maior desempenho é promovido por uma mudança estrutural da economia, aumentando a participação de setores de maior valor agregado e pelo aproveitamento das vantagens brasileiras na transição energética levando ao desenvolvimento de cadeias relevantes no País.

- Nesse contexto, a indústria apresenta maior expansão, puxada pela política de neointustrialização, com efeitos refletidos em toda a economia. A transição energética se apresenta como possível vetor para transformação do contexto socioeconômico nacional, reduzindo desigualdades e aumentando o consumo das famílias.
- Tendo em vista este desempenho da economia, o País enfrentará um aumento substancial da **demanda de energia, que pode alcançar em 2055 valores entre 1,6 e 2,0 vezes maiores que os atuais.**
- Em todos os cenários, o crescimento da demanda de energia traz desafios para a expansão da oferta e manutenção da segurança energética no País.

Expansão da Demanda de Energia em relação a 2025 (milhões de tep)

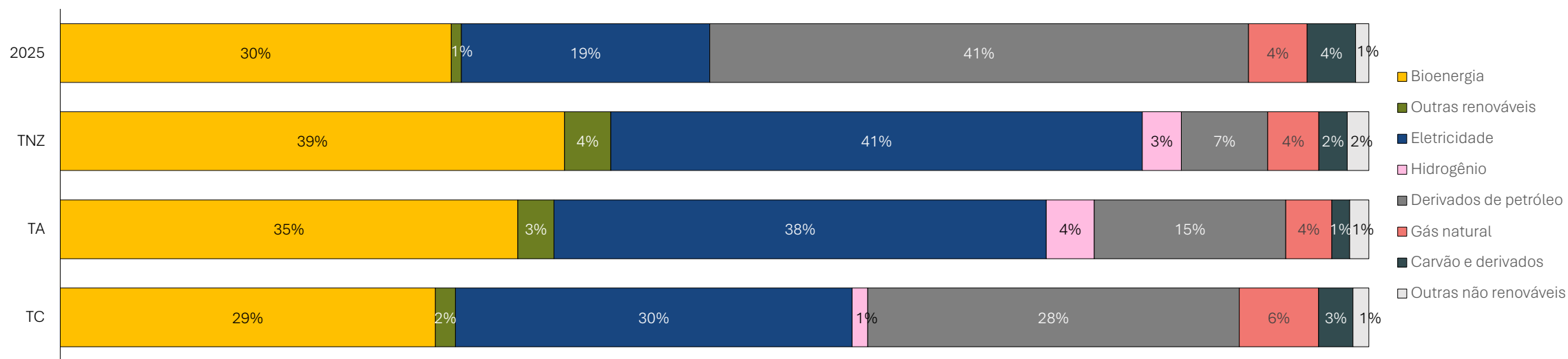


... com destaque para o aumento da eletrificação e ampliação do uso de bioenergia

O mix das fontes que atende à demanda final de energia em 2055 pode variar bastante, sendo a eletrificação e a bioenergia essenciais para a descarbonização da demanda energética.

- De modo geral, quanto maior a penetração da eletricidade, menor é a participação dos combustíveis fósseis ao final do horizonte. Independentemente do cenário, **a eletricidade se torna mais relevante em 2055, sendo que seu montante varia entre 2,6 e 4,2 vezes superior** ao consumo total atual no Brasil.
- Nos cenários de maior descarbonização, o crescimento da participação da **bioenergia**¹⁰, do **gás natural**, do **biometano** e até mesmo do **hidrogênio** contribui significativamente para a redução do consumo de combustíveis fósseis.
- A participação de derivados de petróleo no atendimento ao consumo final de energia pode reduzir gradativamente, podendo passar do patamar de 40% para menos de 10%.

Participação das fontes no consumo final em 2055 (% do total)



¹⁰ Bioenergia inclui biomassa, biometano e biocombustíveis líquidos

Ganhos de eficiência energética serão fundamentais para atendimento à demanda

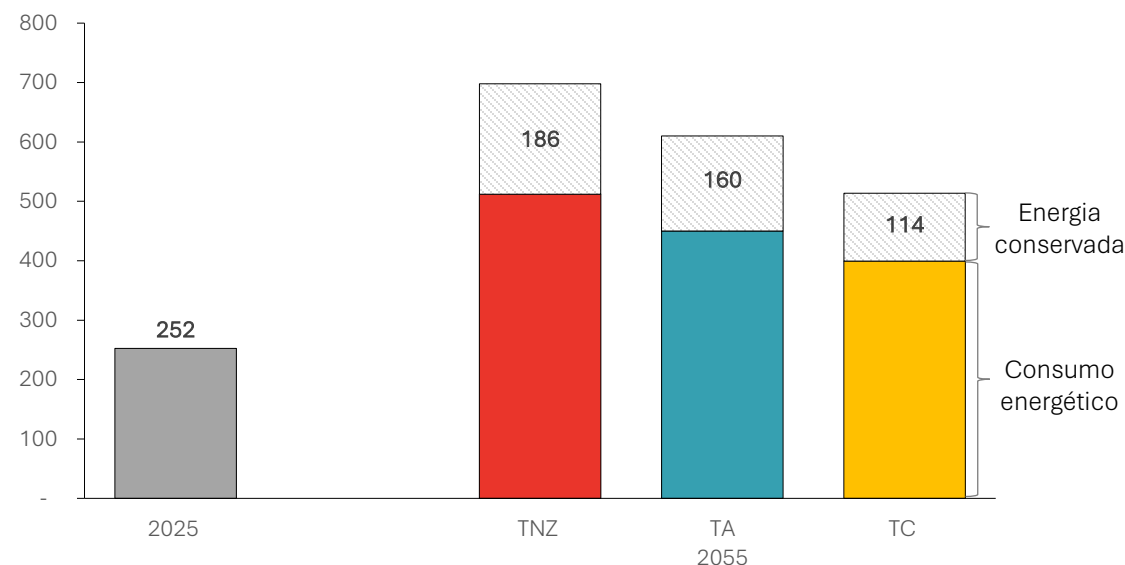
A eficiência energética pode evitar mais de 25% do consumo final energético até 2055. Isso significa uma economia de quase 200 milhões de tep, valores próximos ao consumo atual do setor de transportes somado ao setor industrial.

- **Na indústria**, as medidas de eficiência podem ser adotadas através de diversas ações, **desde a aquisição e modernização de equipamentos até a eletrificação e o aumento da importância do gás natural**. A eficiência energética na indústria é um **importante vetor de descarbonização** e convive com outras medidas, como o aumento do uso da biomassa.
- **Nos transportes**, a **eletrificação crescente** é fator importante de eficientização. Os ganhos podem ser ainda maiores considerando a eficiência sistêmica relacionada a **maior uso de transportes públicos e alteração modal da logística nacional**.
- Em cenários mais voltados à descarbonização, **as edificações de baixo consumo e emissões avançam impulsionadas por políticas públicas e agenda regulatória alinhadas ao net zero**, bem como por um planejamento urbano que prioriza cidades mais eficientes e inclusivas.
- **No setor residencial**, o **combate à pobreza energética tem um papel fundamental como vetor de eficiência energética**, através da substituição das fontes de cocção de alimentos tradicionais, como lenha e carvão vegetal, por fontes modernas, como o GLP e a eletricidade.

Estimativa da eficiência para os setores residencial, transportes e indústria¹¹

TNZ	27%
TA	26%
TC	22%

Consumo Energético Total e Eficiência Energética (milhões de tep)



¹¹ Eficiência média dos setores residencial, transportes e indústria. A economia de energia é calculada com os mesmos percentuais aplicados a todo consumo final energético.

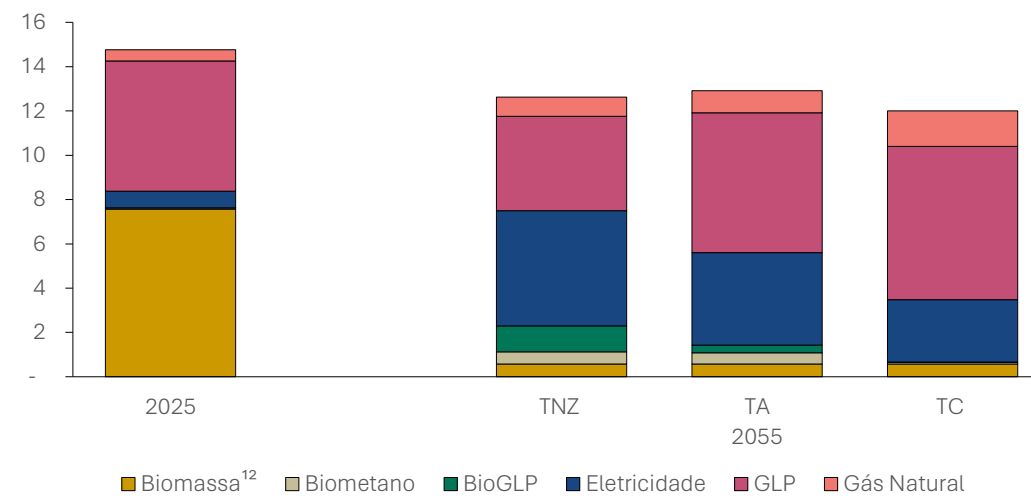
O combate à pobreza energética é um importante vetor de eficiência ...

Em todos os cenários, o combate à pobreza energética é tratado como prioridade da política energética, possibilitando o acesso a fontes modernas de energia para toda a população, ainda que as trajetórias de avanço sejam distintas conforme os níveis de descarbonização da matriz residencial.

A redução das desigualdades energéticas é fundamental para a erradicação da pobreza energética e a promoção da eficiência energética.

- O processo de erradicação da pobreza energética está diretamente associado à ampliação do **acesso aos serviços energéticos modernos de qualidade, de maneira segura e eficiente**, trazendo melhoria das condições sociais, de saúde e bem-estar da população, em especial à parcela em maior vulnerabilidade socioeconômica.
- O crescimento econômico e da renda familiar permite que as famílias passem a usufruir mais dos serviços energéticos em seus domicílios, **desbloqueando uma demanda residencial reprimida**. O consumo per capita anual de energia no setor residencial pode quase duplicar no cenário mais ambicioso, passando de **1,46 tep/habitante** em 2025 para até **2,6 tep/habitante** em 2055.
- Em relação ao aumento de eficiência, o efeito é especialmente notado quando atrelado à eletrificação do cozimento de alimentos como uso final, uma vez que essa fonte é muito mais eficiente quando comparada aos combustíveis como GLP, gás natural e principalmente lenha e carvão vegetal. Em todos os cenários, **a participação da biomassa chega a 3%, valor residual associado a fatores culturais**.
- Nos cenários mais ambiciosos, há **crescimento expressivo da participação da eletricidade**, podendo atingir 42% do consumo de energia para cozimento, o que se reflete em grandes ganhos de eficiência energética e descarbonização do setor.
- Já nos cenários de descarbonização mais lenta, o **GLP** tende a ganhar um protagonismo maior na substituição do uso de lenha, podendo atingir 59% de participação no consumo para este fim, se consolidando como a principal fonte para cocção de alimentos e como vetor de promoção de justiça e segurança energética.

Consumo Energético no Cozimento de Alimentos (milhões tep)



¹² Biomassa inclui lenha e carvão vegetal

... ao mesmo tempo em que promove inclusão social e equidade energética

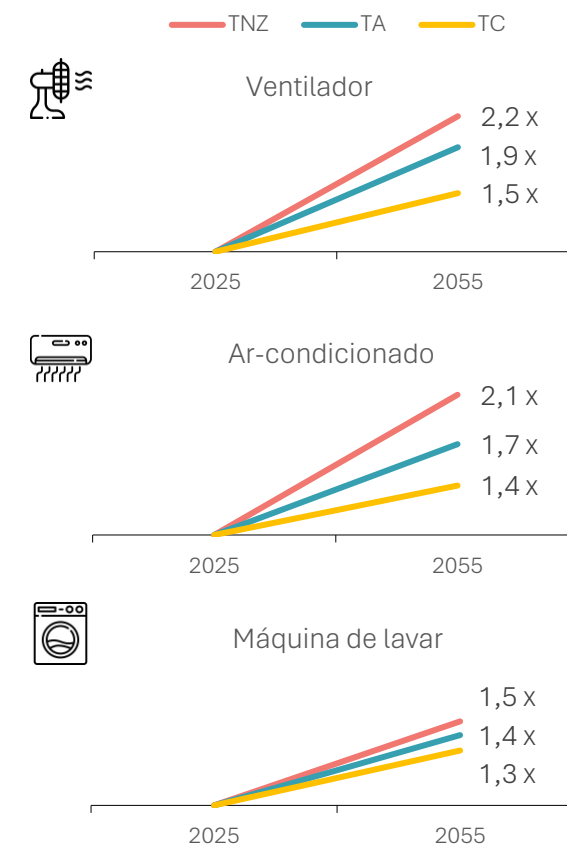
Outro vetor essencial no enfrentamento à pobreza energética é a promoção do acesso a equipamentos eletrodomésticos pelas diferentes camadas sociais do país. Cenários mais ambiciosos indicam até duas vezes mais equipamentos por domicílio para algumas categorias.

- Nestes casos, com maior crescimento econômico, equipamentos de climatização como **condicionadores de ar e ventiladores se tornam cada vez mais relevantes no setor, dobrando o número de aparelhos por domicílio**. Uma parcela maior da população tem acesso aos serviços energéticos supridos por estes equipamentos, atendendo a uma demanda previamente reprimida, em especial nos domicílios de menor renda.
- O maior acesso a equipamentos de climatização, associado a políticas de promoção de desempenho energético de edificações proporciona **maior adaptação** dos domicílios diante das **mudanças climáticas** e maior conforto térmico aos seus habitantes.
- **As máquinas de lavar roupa**, cuja posse atualmente é notadamente desigual entre as regiões e classes sociais do país, **ganham mais espaço** como um item relevante nas residências em todos os cenários, com até 50% mais aparelhos. Já **equipamentos de entretenimento e comunicação** como televisores e computadores, **tem sua expansão relacionada diretamente à evolução das condições sociais e econômicas**.

O consumo de energia elétrica residencial aumenta significativamente, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

- O processo de eletrificação faz com que o consumo de eletricidade cresça a um ritmo ainda mais acelerado do que o consumo total de energia. O **consumo de eletricidade per capita mensal pode quase triplicar**. No cenário mais ambicioso, passa de 67,5 kWh/habitante em 2025 para até 183 kWh/habitante em 2055.
- De forma complementar, os avanços na distribuição do acesso e esforços para promoção de maior **eficiência energética nos equipamentos e eletrodomésticos auxiliam na mitigação do impacto do aumento da demanda** no setor residencial, reduzem os momentos de pico do sistema e a necessidade de oferta, além de melhorar a qualidade de vida e aliviar o peso dos **custos com energia no orçamento das famílias**.

Evolução da posse de equipamentos por domicílio



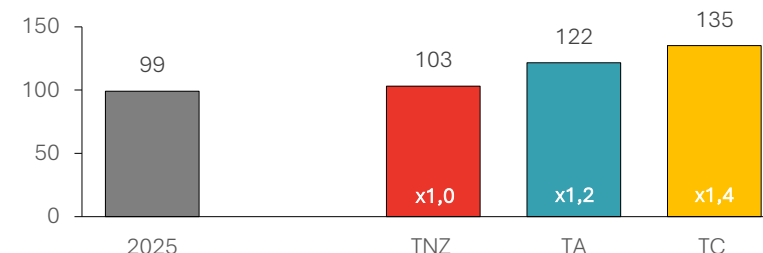
Mesmo com significativos ganhos de eficiência, o consumo dos setores de transportes, industrial e edificações cresce

A eficiência energética e a substituição de fontes energéticas têm papel fundamental na evolução consumo energético nacional. Nos cenários mais ambiciosos, os ganhos de eficiência nos transportes permitem aliar o forte desenvolvimento econômico a uma descarbonização significativa do setor.

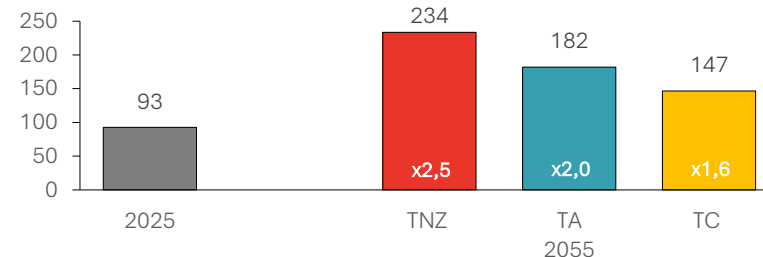
- A indústria pode ganhar protagonismo importante, com o avanço das políticas de neindustrialização e o adensamento de cadeias nacionais levando a uma forte elevação do consumo energético do setor.
- Nas edificações, que incluem os setores residencial, comercial e público, há aumento significativo da participação no consumo nacional. A entrada de grandes cargas como data centers, a tendência de eletrificação e a expansão do consumo das famílias, em especial nos cenários mais ambiciosos, contribuem para o aumento da demanda.
- A eficiência energética pode ser decisiva para a demanda do setor de transportes, principalmente no que tange à substituição de modos de transporte, privilegiando o transporte coletivo e a eletrificação.
- Em todos os setores, os esforços de promoção da eficiência energética são importantes, possibilitando conciliar o desenvolvimento econômico e os avanços sociais com um incremento de demanda proporcionalmente menos acentuado.

Demanda de energia de setores selecionados (milhões de tep)

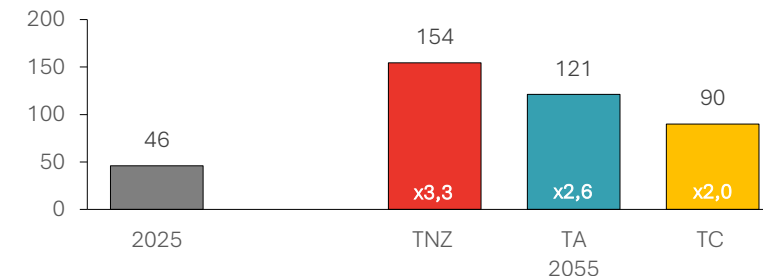
Setor de transportes



Setor industrial



Setor de edificações

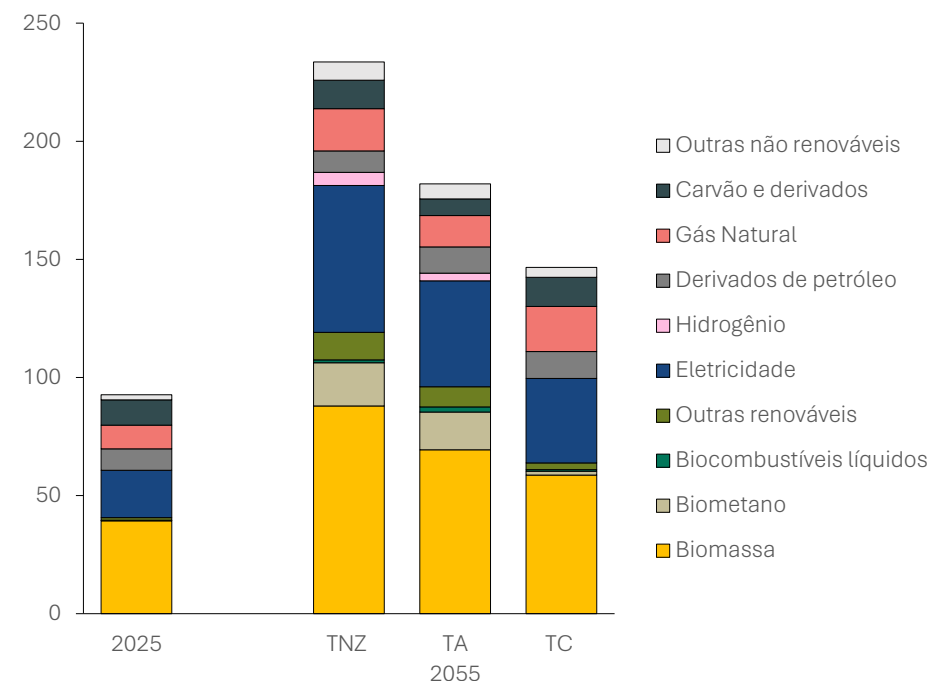


No setor industrial, a eletrificação, a biomassa e tecnologias de captura e armazenamento de carbono se destacam como opções de descarbonização

A descarbonização da indústria conta com um catálogo diverso de opções de mitigação de gases de efeito estufa. Destaque para manutenção da elevada participação de biomassa e eletrificação em um contexto de crescimento de demanda que, juntas, somam até cerca de 70% do consumo energético industrial em 2055.

- O gás natural também pode contribuir para a redução de emissões ao substituir fontes altamente emissoras como o coque de carvão mineral. Seu uso no atendimento do consumo industrial em 2055 pode ser multiplicado em até 2,6 vezes em relação a 2025.
- O hidrogênio pode fazer parte do mix de soluções para a redução de emissões no longo prazo.
- O setor apresenta ganhos de eficiência energética no curto e médio prazo, o que contribui para o aumento da produtividade da indústria, além de reduzir o consumo de energia e suas emissões.
- Além das emissões de energia, o setor industrial possui emissões intrínsecas aos seus processos. Desta forma, mesmo com a redução da participação de fontes fósseis no setor, ainda há emissões que não são abatidas. Nesse sentido, a captura de carbono é tecnologia fundamental para garantir as metas climáticas no longo prazo.

Demanda de energia do setor industrial por fonte^{13,14} (milhões de tep)



¹³ Outras não renováveis inclui gás de coqueria e resíduos não renováveis.

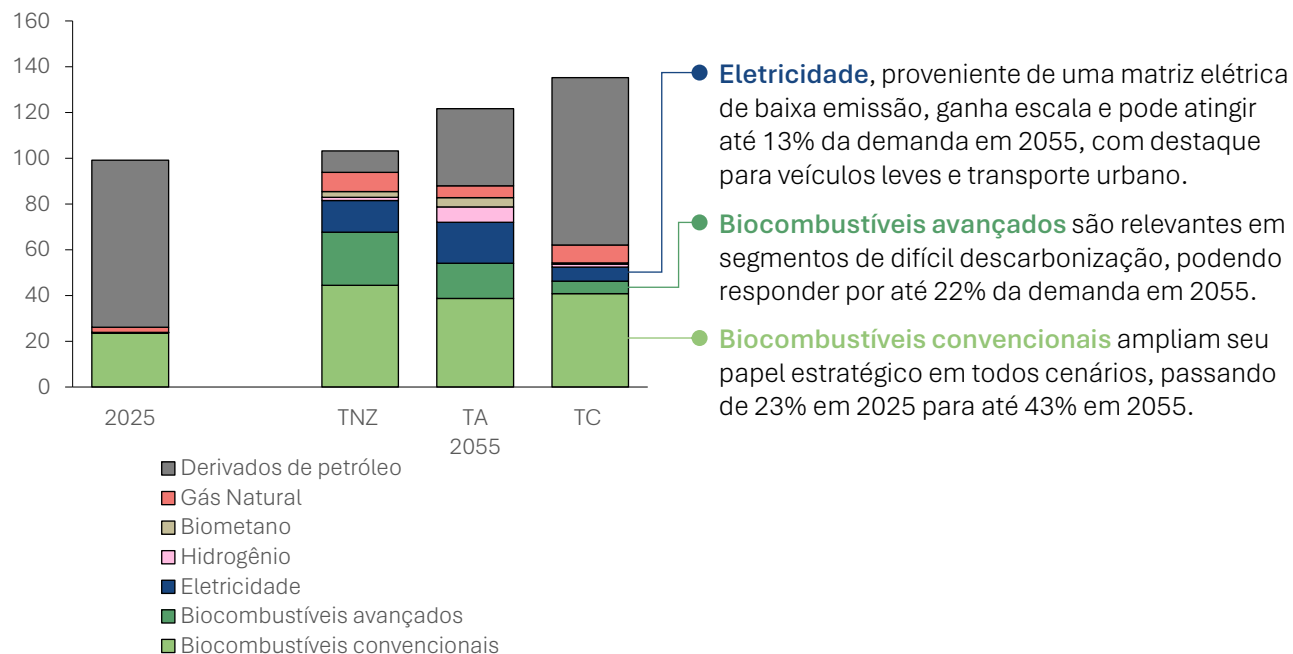
¹⁴ Outras renováveis inclui solar térmica, hidráulica e resíduos renováveis.

No setor de transportes, os biocombustíveis, a eletrificação e os ganhos de eficiência são as forças motrizes para a descarbonização

Renovabilidade da matriz de transportes avança de forma consistente em todos os cenários, podendo alcançar até 85% em 2055.

- A combinação de biocombustíveis convencionais (como etanol e biodiesel), biocombustíveis avançados (como diesel verde e SAF), eletricidade e hidrogênio tem potencial para substituir uma parcela expressiva dos combustíveis fósseis no setor de transportes.

Demanda de energia do setor de transportes por fonte¹⁵ (milhões de tep)



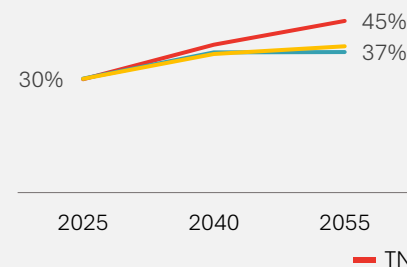
- Eletricidade**, proveniente de uma matriz elétrica de baixa emissão, ganha escala e pode atingir até 13% da demanda em 2055, com destaque para veículos leves e transporte urbano.
- Biocombustíveis avançados** são relevantes em segmentos de difícil descarbonização, podendo responder por até 22% da demanda em 2055.
- Biocombustíveis convencionais** ampliam seu papel estratégico em todos os cenários, passando de 23% em 2025 para até 43% em 2055.

¹⁵ Gás Natural inclui Gás Natural Liquefeito (GNL).

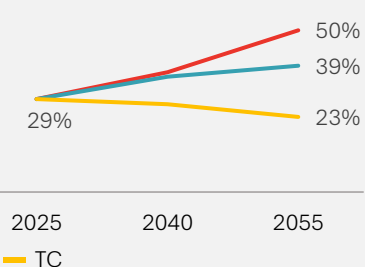
Ganhos de eficiência têm papel relevante no atendimento da demanda

- Os avanços de eficiência sistêmica complementam a descarbonização do setor, reduzindo a intensidade energética por meio de mudanças estruturais no sistema de transportes.
- No transporte de cargas, **a substituição de modos energointensivos por alternativas mais eficientes e integradas** permite que os modos ferroviário e aquaviário alcancem até 45% da atividade, impulsionados por investimentos em infraestrutura logística.
- No transporte de passageiros, os avanços advêm da **migração do transporte individual para o transporte coletivo** – ônibus, metrô, trens e barcas, cuja participação pode alcançar até 50% da atividade total.
- A eletrificação é particularmente importante nesse processo devido à sua maior eficiência energética.

Participação dos modos ferroviário e aquaviário na atividade do transporte de cargas (% total)



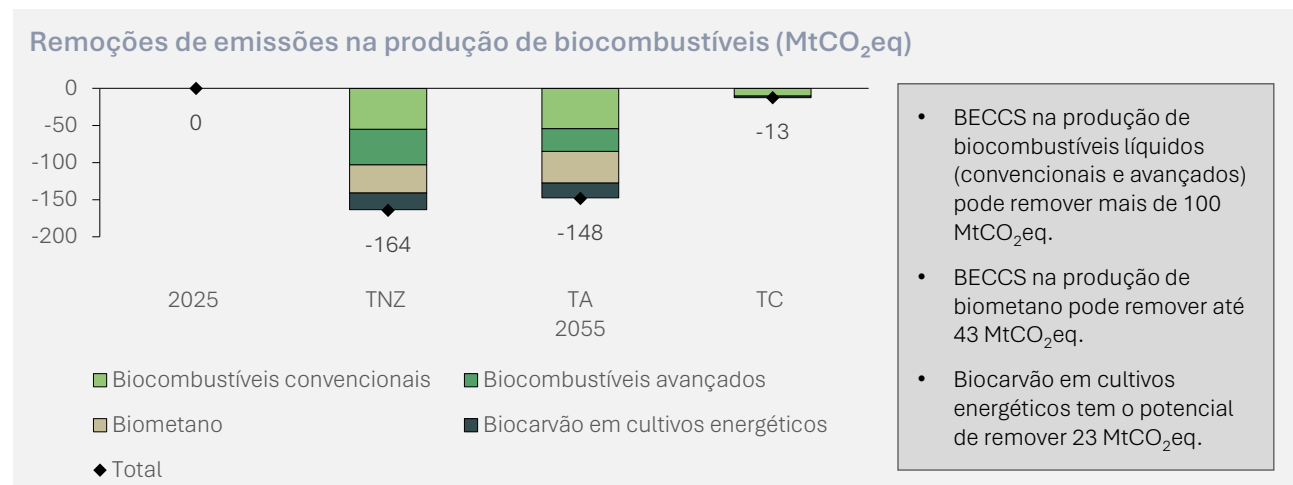
Participação do transporte coletivo na atividade do transporte de passageiros (% total)



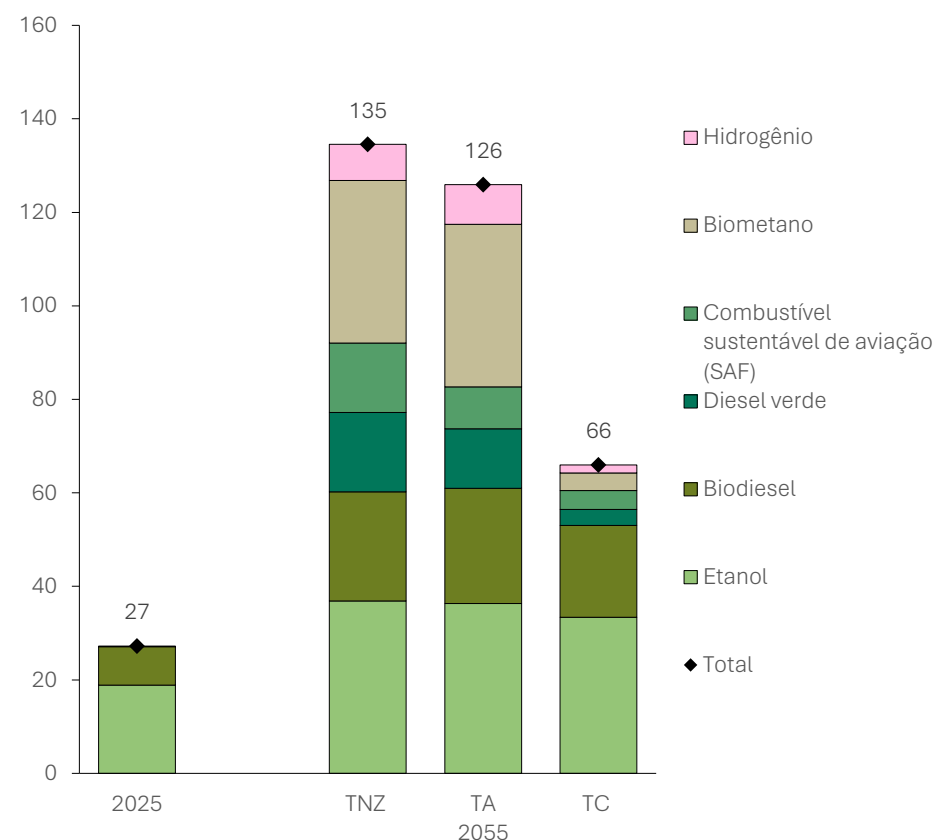
O avanço da bioenergia possibilita a redução de emissões pela substituição de combustíveis fósseis, mas também a remoção de emissões da atmosfera

A produção de biocombustíveis pode aumentar cerca de 5 vezes em 30 anos.

- A **bioenergia** desempenha **papel estratégico**, garantindo **diversidade e segurança energética** na matriz nacional. Os **biocombustíveis** podem alcançar percentuais entre **32% e 42%** da Oferta Interna de Energia **em 2055**. O **etanol**, o **biodiesel** e o **biometano** expandem sua **atuação** em diversos setores, incluindo os de difícil abatimento. Soma-se a isso a **crecente relevância** de novos combustíveis de baixo carbono como **SAF e diesel verde**.
- A produção de bioenergia com captura e armazenamento de carbono (**BECCS**) e o **biocarvão** aplicado em cultivos energéticos ancoram a descarbonização de combustíveis e são **complementos relevantes à substituição de combustíveis fósseis** ao possibilitarem expansão energética com emissões negativas, compensando emissões residuais em setores de difícil abatimento.



Produção de biocombustíveis (milhões de tep)

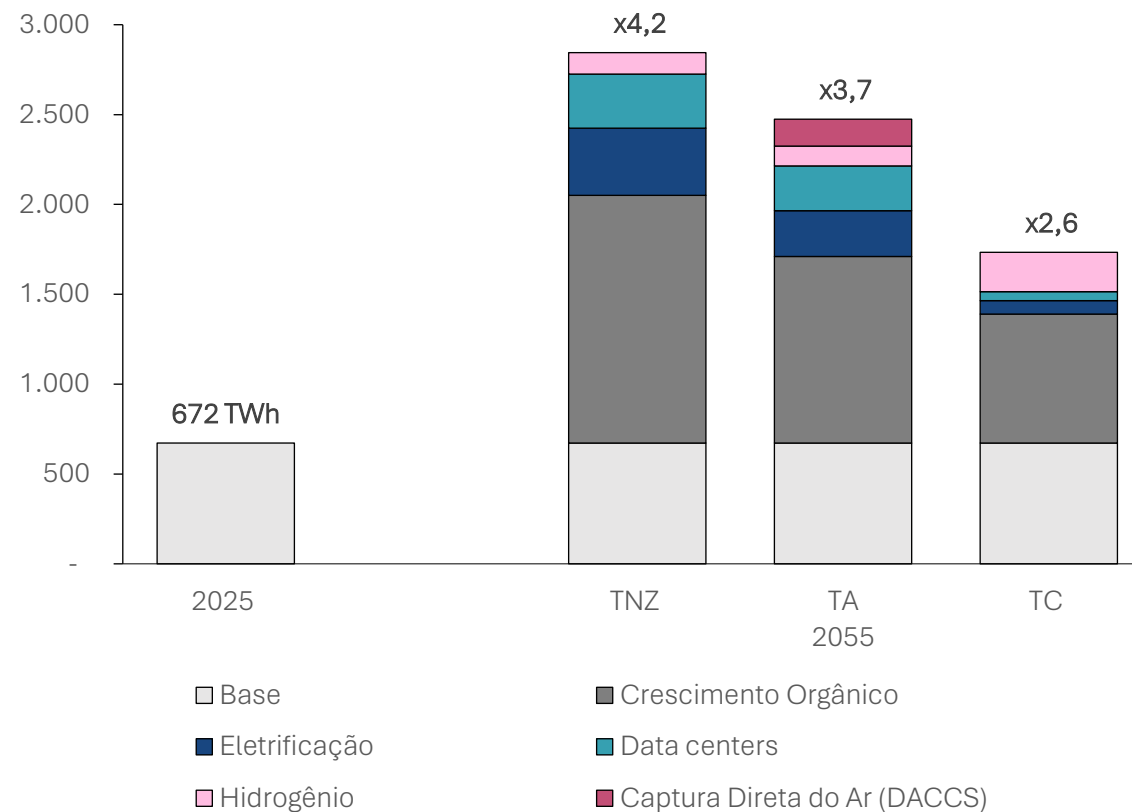


Além do crescimento orgânico, os vetores da transição energética serão determinantes da demanda elétrica no longo prazo

Até 2055, a carga de energia pode crescer mais de quatro vezes, impulsionada não apenas pelo crescimento orgânico, mas também pelos fatores propulsores da transição energética.

- **A eletrificação** nas residências, transportes e indústria reforça o movimento global de descarbonização, podendo representar **mais da metade dos atuais 672 TWh**. Por outro lado, exige um sistema elétrico mais robusto e preparado para acomodar novas demandas.
- **A digitalização da economia** emerge como um vetor essencial de desenvolvimento, levando ao consumo de até **300 TWh em datacenters**. No entanto, é avançando nas camadas de maior valor agregado que o Brasil poderá transformar a infraestrutura digital em vetor real de competitividade e inovação.
- A produção de **hidrogênio** pode gerar importantes impactos sobre a demanda de eletricidade do País, podendo alcançar **220 TWh** em 2055. Nos cenários com maior ambição climática, pode-se demandar uma maior diversificação das rotas tecnológicas para obtenção de hidrogênio, indo além da eletrólise.
- A depender de como a transição energética se dará, tecnologias de **remoção de carbono da atmosfera** podem ser necessárias, podendo consumir até **150 TWh** em 2055.

Composição da carga (em TWh) em 2055

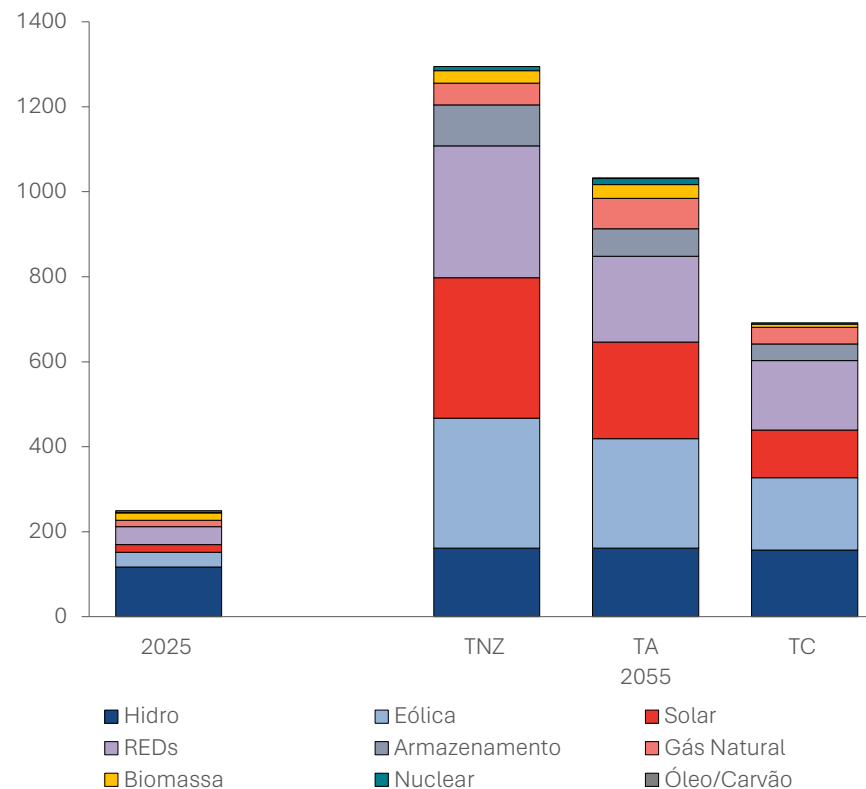


O futuro da matriz elétrica do Brasil combina baixa emissão e robustez operacional

A capacidade instalada total do setor elétrico pode até quintuplicar entre 2025 e 2055.

- A **crecente participação de fontes renováveis**, especialmente eólica e solar, e de Recursos Energéticos Distribuídos (RED)¹⁶, é uma tendência na evolução da matriz elétrica brasileira até 2055, podendo chegar a **88% do total da capacidade instalada da matriz elétrica, incluindo a oferta hidrelétrica.**
- **O protagonismo do consumidor** é crescente: os REDs têm possibilidade de alcançar cerca de **25% da capacidade instalada total do sistema elétrico**, incluindo recursos descentralizados tanto de oferta de geração, **Micro e Mini Geração Distribuída (MMGD) de até 287 GW**, como de resposta da demanda, **RD podendo chegar a 23 GW.**
- Apesar da redução na participação relativa na matriz elétrica, o **aproveitamento da fonte hidráulica**, em modernização e viabilização de potencial estratégico, inclusive através de Usinas Hidrelétricas Reversíveis (UHR), leva a um **acréscimo de até 72 GW de capacidade instalada até 2055.**
- Com a evolução da composição da matriz elétrica, tanto as **hidrelétricas**, como a oferta de **gás natural através de térmicas flexíveis, equilibram o balanço oferta e demanda**, agregando resiliência e capacidade para o SIN.
- Em linha com as ambições climáticas, é prevista a viabilização de até **14 GW** da tecnologia **nuclear**, incluindo Pequenos Reatores Nucleares Modulares (SMR), e de **térmicas a gás com CCS**, que podem alcançar até **36 GW** e representar até 50% da oferta térmica a gás natural.
- O **armazenamento**¹⁷ (tanto centralizado quanto distribuído) desempenha um papel fundamental no **gerenciamento dos excedentes de energia renovável e no atendimento das necessidades de potência e flexibilidade do SIN**, contemplando baterias e UHRs.

Capacidade instalada (GW)¹⁸ em 2055



¹⁶ REDs: Resposta da Demanda e Geração Distribuída

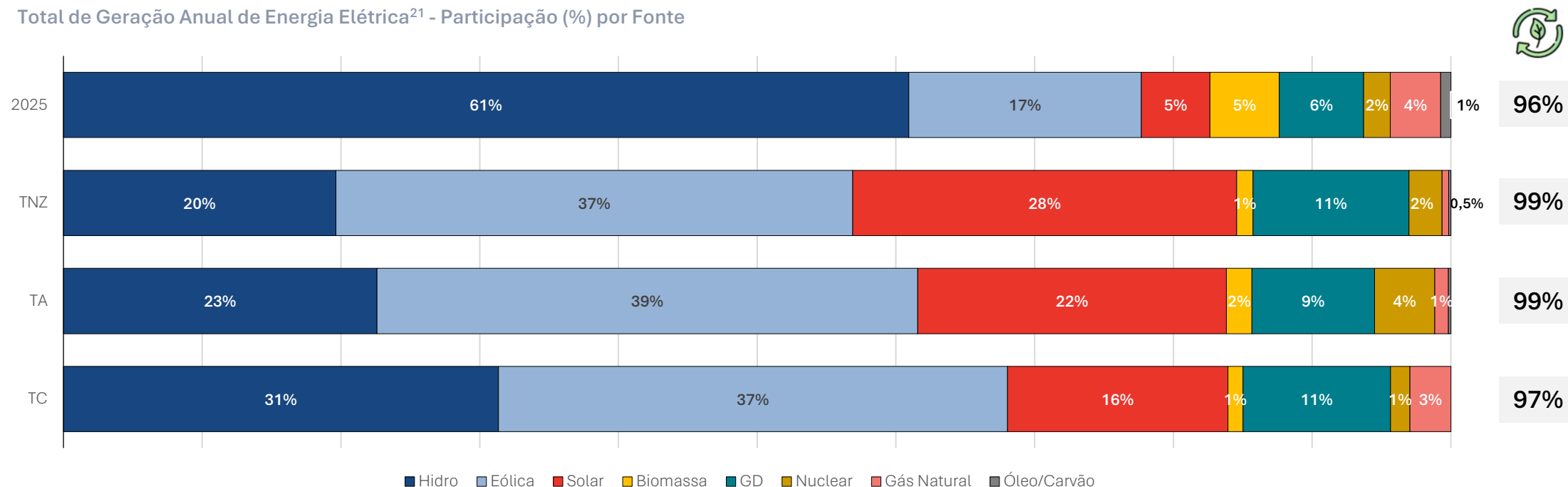
¹⁷ Armazenamento: Bateria e Usinas Hidrelétricas Reversíveis,

¹⁸ Não considera Auto Produção e Sistemas Isolados

Todos os cenários apontam que a matriz elétrica brasileira terá alta renovabilidade

Em 2025, a geração anual de energia elétrica é de cerca de 726 TWh¹⁹. Em 2055, o crescimento da energia anual gerada pode ser de 2 a 4 vezes maior que em 2025, a depender do cenário. O grau de renovabilidade da geração anual de energia elétrica para 2055 pode variar entre 97% e 99%, ante 96% em 2025²⁰.

Total de Geração Anual de Energia Elétrica²¹ - Participação (%) por Fonte



¹⁹ A geração centralizada atende tanto ao consumo advindo da rede quanto às perdas totais (técnicas e não-técnicas).

²⁰ A geração anual de energia elétrica proveniente de energia limpa supera 97% em todos os cenários avaliados (inclui nuclear).

²¹ Não considera Auto Produção e Sistemas Isolados

O Sistema Interligado Nacional passará por uma evolução expressiva, com algumas tecnologias ocupando papel de destaque para a manutenção da segurança energética

A adequação do suprimento elétrico requer permanentes aprimoramentos de arcabouço regulatório e modelos de negócio que acompanhem os requisitos operativos de maneira custo-eficiente – potência, energia, flexibilidade, confiabilidade e novos serviços.

- Em 2025, as hidrelétricas contribuem com 4/5 de toda a disponibilidade de potência do sistema, **cerca de 87 GW**, seguida pelas renováveis²² **com 9 GW** e complementando o balanço com as térmicas fornecendo **em torno de 12 GW**.
- Em 2055, as hidrelétricas ainda podem desempenhar um importante papel no atendimento de potência **com disponibilidades alcançando de 109 a 112 GW**. As térmicas flexíveis devem operar quase que exclusivamente para complementação de potência, **cerca de 39 a 54 GW**.
- O armazenamento²³ centralizado gerenciando excedentes renováveis contribui com **potência disponível entre 39 a 97 GW**, incluindo UHRs.
- Os REDs²⁴ também devem participar do equilíbrio entre oferta e demanda de potência do sistema elétrico, com disponibilidades entre **26 a 72 GW**, sendo constituídos de Resposta da Demanda – em modalidades de contratações diretas, além de aprimoramento dos sinais de preços e das tarifas das distintas classes de consumo – e de baterias instaladas em residências, comércios e indústrias.
- Mesmo as renováveis podem fornecer entre **52 a 97 GW da disponibilidade de potência, aproximadamente 15% de sua capacidade instalada total**.

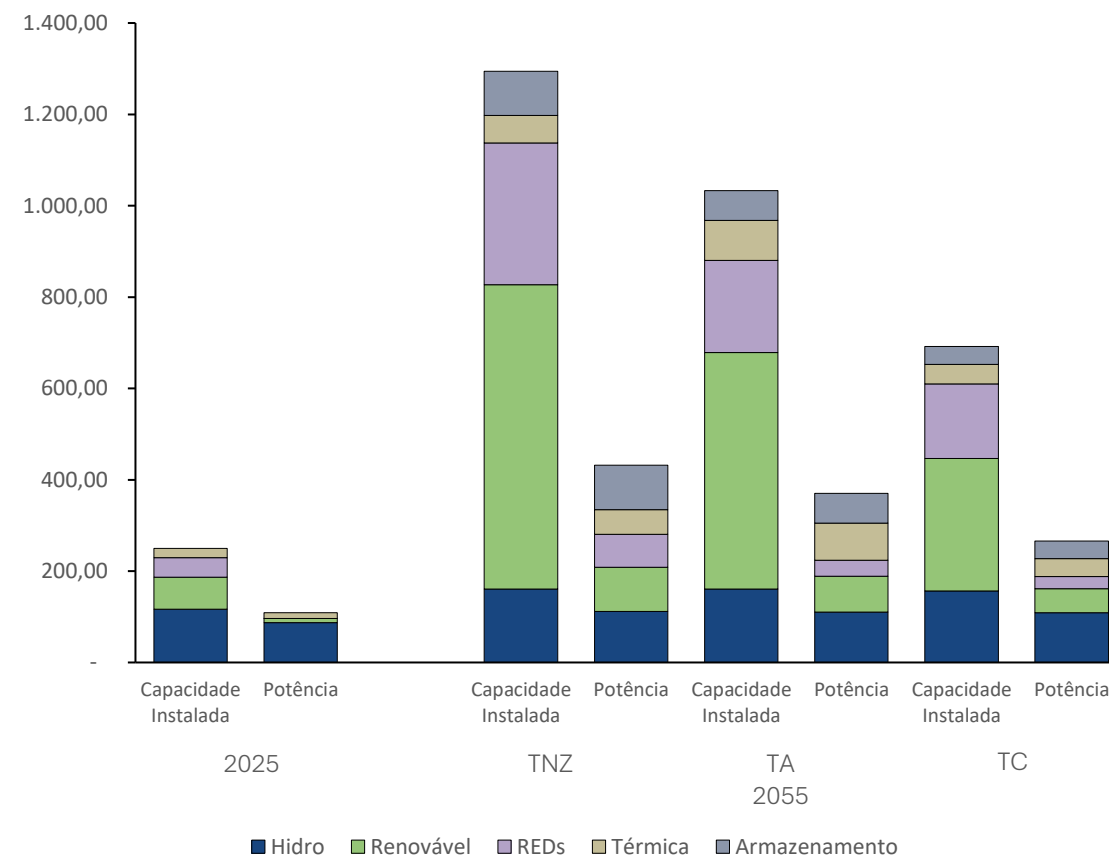
²² Renováveis: Eólica, Solar e Biomassa.

²³ Armazenamento: Bateria e Usinas Hidrelétricas Reversíveis.

²⁴ REDs: Resposta da Demanda e Geração Distribuída associada a Baterias atrás do medidor.

²⁵ Não considera Auto Produção e Sistemas Isolados.

Capacidade Instalada e Disponibilidade de Potência²⁵ - Participação (GW) por Fonte

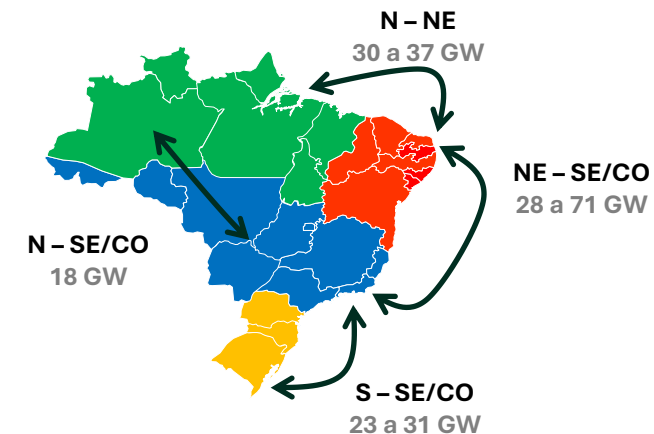


O sistema de transmissão terá importância ainda mais estratégica para garantir confiabilidade e flexibilidade operativa do SIN

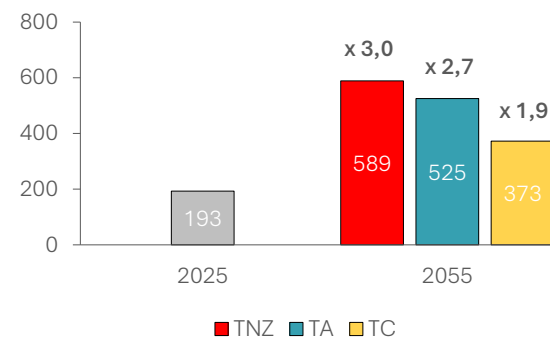
O crescimento do sistema de transmissão deve ser impulsionado tanto pelas expansões das interligações regionais, em especial com a Região Nordeste, quanto pelos reforços em sistemas locais, que tendem a ser essenciais para garantir a segurança operativa e a integração regional. O sistema de transmissão pode crescer em até três vezes em relação a 2025.

- A expansão do sistema de transmissão mostra-se como **peça-chave em todos os cenários avaliados**, demandando não apenas a ampliação de capacidade, mas também a inserção de **novas tecnologias de transmissão** nos sistemas regionais, além de **sistemas de armazenamento**, para que se possa aprimorar a **confiabilidade, a resiliência e a controlabilidade da rede** frente à forte expansão de geração renovável solar e eólica.
- Até 2055, as expansões de **linhas de transmissão** crescem entre 180 mil km e 390 mil km, fazendo com que o sistema interligado nacional alcance um tamanho equivalente de **duas a três vezes o atual**.
- A **capacidade de transformação** tende a se ampliar entre 330 GVA e 800 GVA, elevando a capacidade instalada total do SIN para **1,7 a 2,7 vezes o seu tamanho atual**.

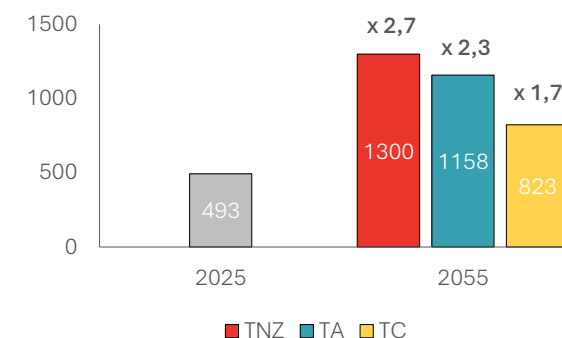
Estimativa da Capacidade das Interligações Regionais em 2055 (GW)



Evolução da extensão de linhas de transmissão (km x 1000)



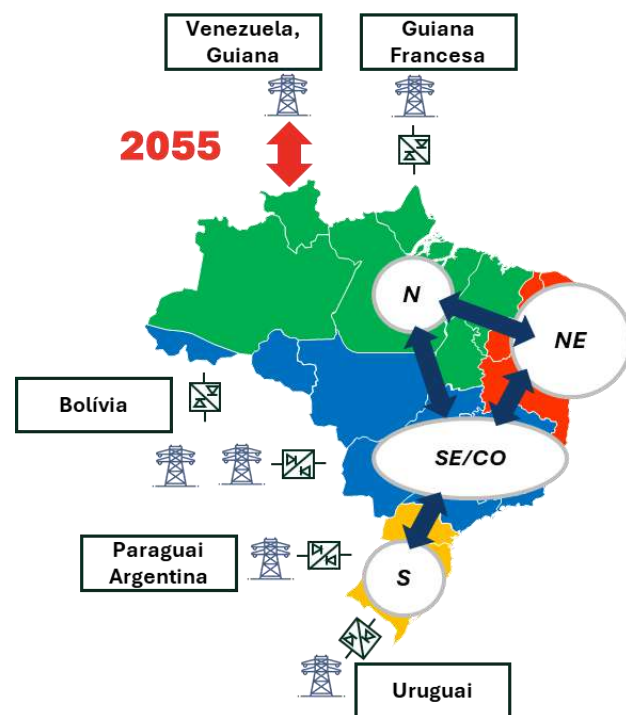
Evolução da capacidade instalada de transformação (GVA)



A ampliação da cooperação com países vizinhos se mostra estratégica para aumentar segurança energética e esforços de descarbonização

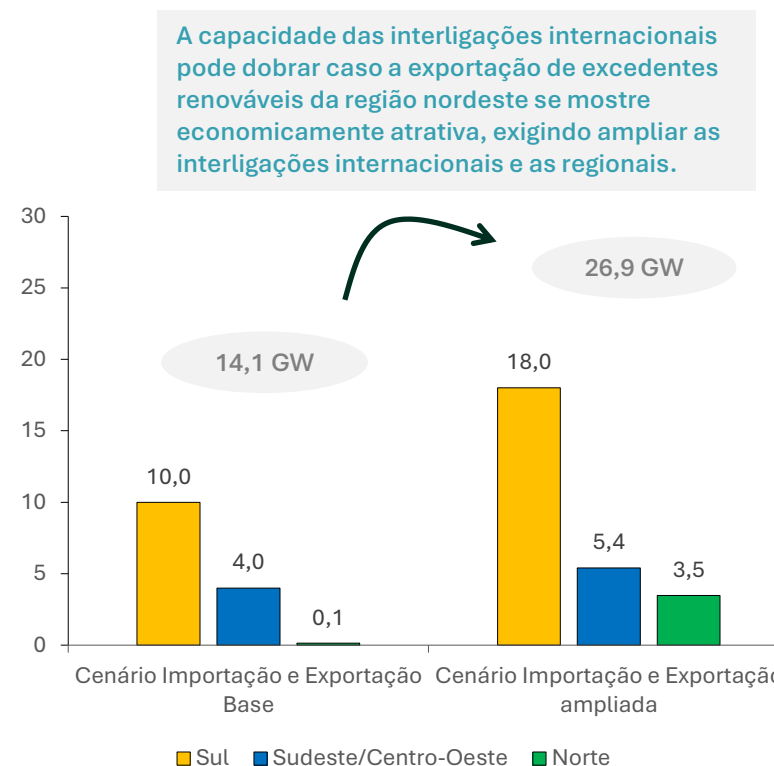
A transição energética no Brasil traz oportunidades para o desenvolvimento de cadeias produtivas e para a cooperação internacional, aproveitando os excedentes de geração para exportação e contribuindo para a integração energética e descarbonização de países vizinhos.

- A exportação de energia para países vizinhos, em especial daqueles com fronteiras com as regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, permite aproveitar sinergias regionais e aumentar a segurança de suprimento em cenários mais adversos de geração renovável.



Estimativa da Capacidade das Interligações Internacionais em 2055 (GW)

Capacidade de interligação estimada de cerca de 14 GW viabilizando uma integração regional do cone Centro-Oeste - Sul da América do Sul que pode ser utilizada para exportar excedentes renováveis ou geração de usinas termelétricas não despachadas para atendimento ao mercado interno.

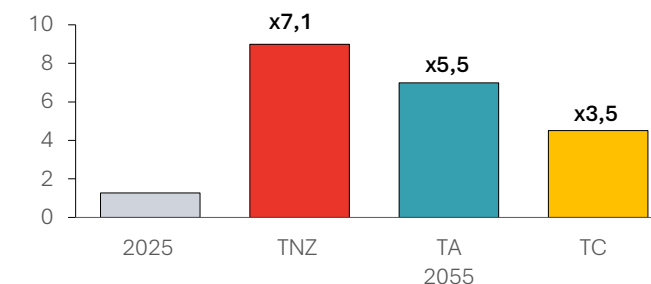


A transição energética brasileira ampliará de forma expressiva a demanda por minerais críticos, abrindo oportunidades para o adensamento de cadeias no País

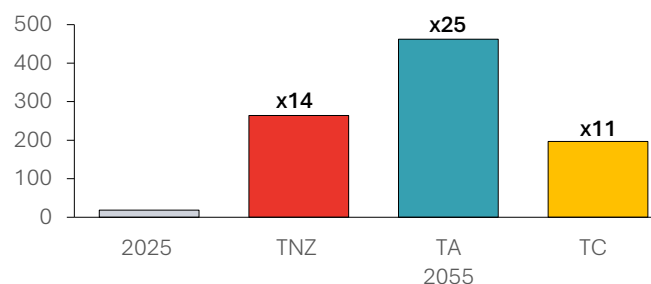
A transição energética avança principalmente por meio da eletrificação, tornando-se intensiva no uso de minerais estratégicos. A expansão de fontes renováveis na geração elétrica, como solar e eólica, é mais intensiva em uso de minerais quando comparada às tecnologias tradicionais. A mobilidade elétrica depende fortemente de baterias, intensivas em lítio, grafite e outros minerais estratégicos. Esse processo também envolve a ampla difusão de motores elétricos, cuja eficiência depende do uso de ímãs permanentes à base de terras raras. Esse movimento reforça a centralidade das cadeias minerais para a viabilização da transição energética, incluindo as etapas de transformação mineral e produção de componentes industriais.

- As **cadeias globais de minerais estratégicos** — tanto para a geração elétrica quanto para baterias e motores elétricos — apresentam elevada **vulnerabilidade de suprimento**, associada à forte **concentração internacional** e industrial ao longo de toda a cadeia, ampliando **riscos à disponibilidade**, aos **custos**, ao **ritmo** de difusão das tecnologias e à resiliência do sistema energético nacional.
- O Brasil apresenta **oportunidades estratégicas** na transição energética em função de sua elevada **diversidade geológica** e da presença de **reservas** relevantes de minerais estratégicos, como **grafita** e **terras raras**, estas ainda com cadeia produtiva incipiente, além do **urânio**, cuja cadeia produtiva já se encontra estruturada no País, criando potencial para o fortalecimento industrial e maior inserção nas cadeias globais. O avanço da transformação mineral no território nacional é condição central para capturar maior valor associado a motores elétricos, baterias e equipamentos de geração renovável, contribuindo para uma transição mais justa e inclusiva.
- Na **matriz elétrica**, por exemplo, o aumento da demanda por minerais estratégicos é puxado principalmente pela expansão da **energia solar e eólica**, com destaque para o **silício** — associado aos painéis fotovoltaicos — e para o **zinco** e as **terras raras**, utilizados em aerogeradores, sobretudo nos cenários de maior penetração de renováveis. O **cobre** também assume papel transversal na matriz elétrica, sendo amplamente utilizado em praticamente todas as tecnologias de geração, além de sistemas elétricos auxiliares. A expansão física da rede amplia ainda mais a demanda por **aço** e **alumínio**, utilizado principalmente nas estruturas das torres e nos cabos de transmissão.
- Na **mobilidade elétrica**, a **eletrificação da frota** é o principal vetor de crescimento da demanda por minerais estratégicos, especialmente em cenários de maior difusão de veículos elétricos e de elevada intensidade material das **baterias**. Esse vetor é complementado pela **expansão do uso de motores elétricos de alto desempenho**, cuja **produção depende de capacidades industriais de transformação mineral hoje concentradas fora do país**.

Minerais estratégicos na Geração de Energia Elétrica (Milhões Toneladas)



Minerais estratégicos em Baterias para Mobilidade (Milhões Toneladas)

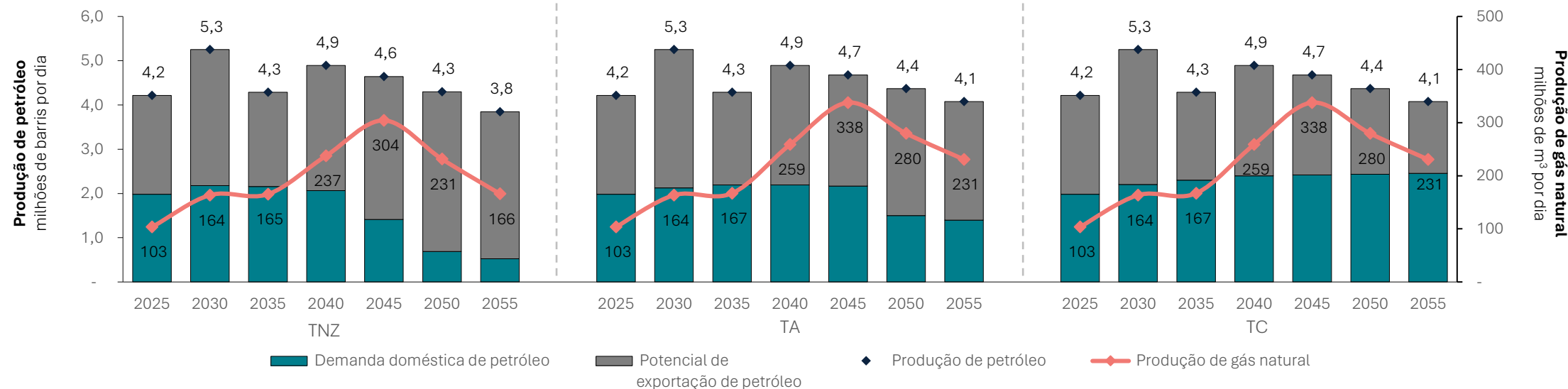


A produção de petróleo e gás natural seguirá relevante e poderá passar por transformações significativas nas próximas décadas

O Brasil tem potencial para se manter como produtor e exportador de petróleo, apropriando-se dessa renda para avançar nos aspectos sociais e de inovação da transição energética. Para isso, deverá manter baixa sua pegada de carbono associada, dando competitividade ao óleo brasileiro no mercado global.

- A produção de petróleo nacional pode apresentar um pico de 5,3 milhões b/d em 2030 e níveis inferiores aos de 2025 no longo prazo, evidenciando a **redução gradual de combustíveis fósseis, sem prejuízo à segurança energética nacional**. Embora a demanda doméstica de petróleo possa declinar, a demanda doméstica de gás natural deve aumentar e, como a grande maioria da produção de gás natural é associada ao petróleo, os níveis de produção de petróleo no longo prazo não declinam na mesma magnitude.
- A indústria de óleo e gás desempenha um **papel estratégico** no desenvolvimento econômico do país. No comércio internacional, o petróleo brasileiro deve manter elevada competitividade, aliando custos eficientes a uma **baixa intensidade de carbono** associada às atividades de produção. Nesse contexto, suas receitas podem se configurar em um instrumento importante para acelerar a transição energética do país.

Produção de petróleo e gás natural



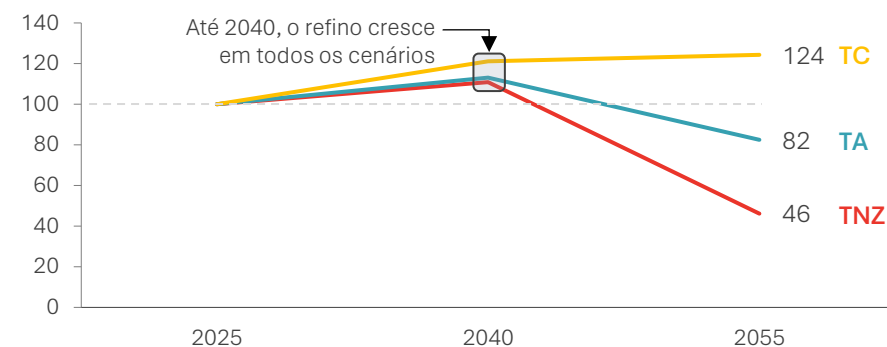
Refino nacional permanece como um dos pilares da segurança energética, com crescente participação de matérias-primas renováveis

A demanda interna por derivados de petróleo permanece relevante até 2055, com trajetórias distintas conforme o grau de ambição climática e o ritmo de descarbonização: pode atingir pico na década de 2030 e declinar gradualmente, ou expandir-se em até 10% no horizonte de 2055.

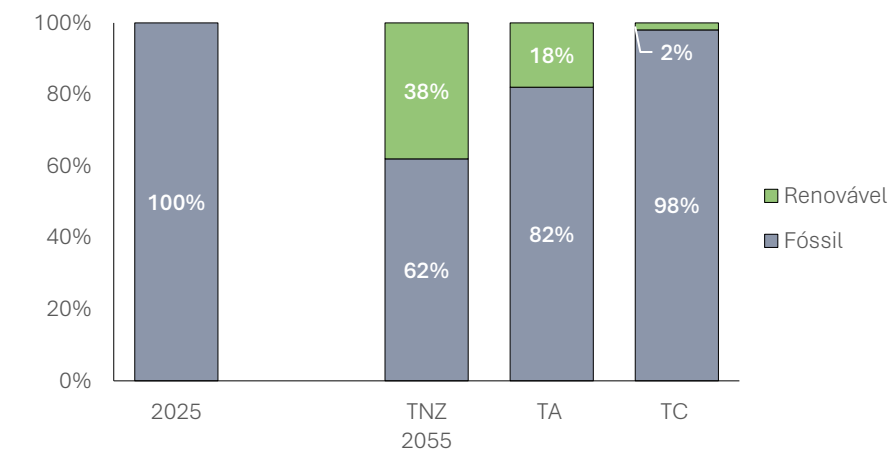
- A demanda por GLP e usos não energéticos (como etano e nafta para a petroquímica, asfaltos e lubrificantes) mostra-se mais resiliente no longo prazo do que a demanda por gasolina e QAV.
- **A manutenção do refino nacional assume papel estratégico em termos de geopolítica e segurança energética**, ao assegurar o processamento de petróleo doméstico e reduzir vulnerabilidades externas. Até 2040, a produção das refinarias cresce em todos os cenários, reforçando o refino como pilar estruturante do atendimento à demanda.
- **No longo prazo, o refino enfrenta o desafio de se reinventar**, exigindo estratégias de adaptação tecnológica, financiamento e integração às políticas de descarbonização, de modo a preservar sua sustentabilidade econômica em um contexto de transformação do sistema energético.
- A carga processada se transforma de forma relevante: **a participação de matérias-primas renováveis pode alcançar patamares próximos de 40% da produção total em 2055**, reposicionando refinarias tradicionais de petróleo como centros híbridos de transformação.
- Parcela renovável da carga inclui diferentes rotas tecnológicas, como coprocessamento, *retrofit* de unidades existentes de hidrotreatamento (HDT) e de craqueamento catalítico (FCC) para hidrogenação de insumos renováveis, além de novas unidades de hidroprocessamento de ésteres e ácidos graxos (HEFA) integradas às refinarias.
- **A incorporação de cargas renováveis contribui para o prolongamento da vida útil dos ativos de refino**, reduz riscos de ociosidade estrutural e amplia oportunidades de geração de valor.
- A capacidade ociosa remanescente pode ser direcionada à exportação, seja de derivados fósseis ou de produtos renováveis, reforçando a flexibilidade do parque de refino no longo prazo.

²⁶ Não inclui gás de refinaria.

Produção das refinarias brasileiras (2025 = base 100)



Produção das refinarias brasileiras por origem da matéria-prima²⁶ (% do total)

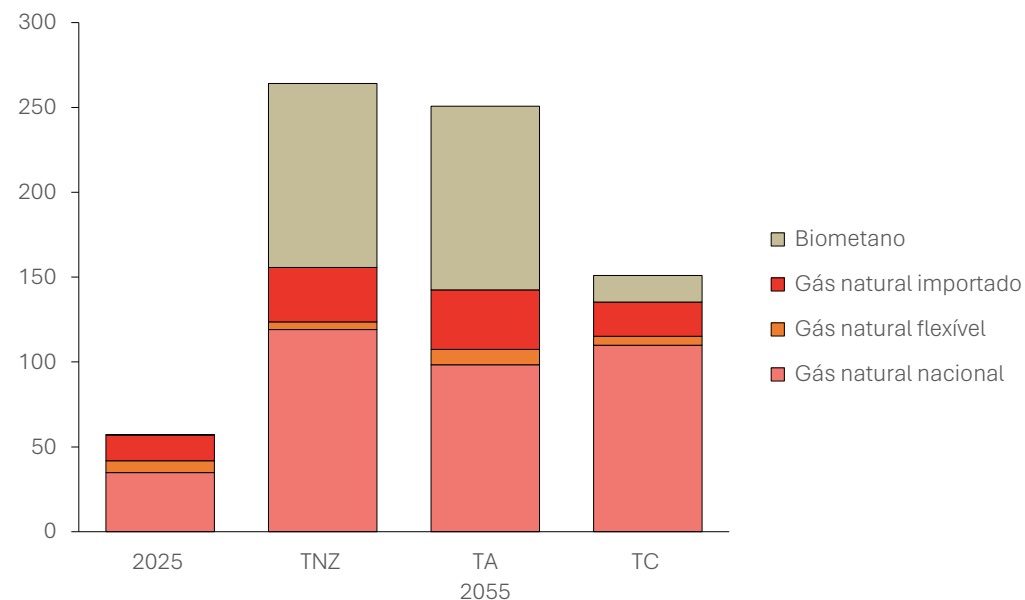


O gás natural e o biometano são relevantes para a transição energética nacional

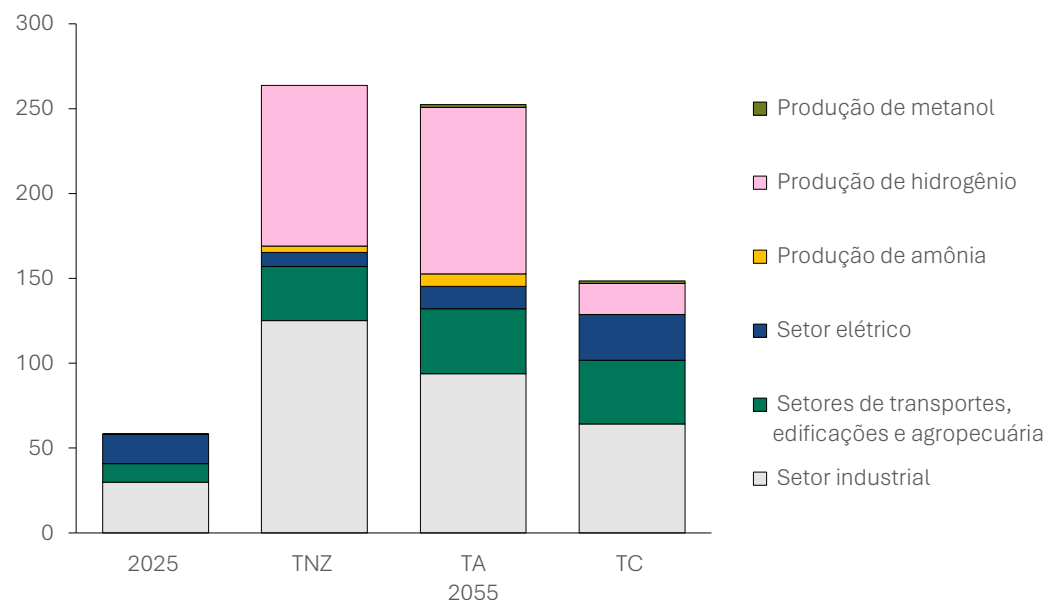
O gás natural e o biometano têm um papel relevante na transição energética brasileira com um crescimento de 2,5 a 3,5 vezes em relação a 2025. O biometano se destaca com seu alto potencial de inserção, sendo uma alternativa importante para a gradual redução de combustíveis fósseis e para o atendimento às metas climáticas. O compartilhamento de infraestruturas de transporte e distribuição permite a inserção do gás renovável na malha e atendimento de novos mercados.

- Há necessidade de contínuos investimentos para a concretização da oferta crescente do gás nacional. Para as soluções de geração elétrica, será cada vez mais necessário o desenvolvimento de **modelos de negócio de gás natural flexível** para atendimento das demandas de ponta. A **integração gasífera** entre Brasil, Argentina e Bolívia se intensifica, o que reforça a necessidade de investimento em infraestrutura.
- O crescimento da demanda se explica pelo maior uso no **setor industrial, na produção de hidrogênio e no setor de transportes**. Destacam-se os segmentos siderúrgico, via substituição de carvão mineral, e químico. A **produção de hidrogênio e amônia** usando gás natural e biometano como matéria-prima pode contribuir para a redução da dependência externa de fertilizantes, essenciais ao setor agropecuário.

Oferta de gás natural e de biometano (MMm³/d)



Demanda de gás natural e de biometano (MMm³/d)












A oferta interna de energia duplicará para acompanhar o avanço econômico, sendo atendida por uma matriz ainda mais renovável e com menor intensidade energética

A renovabilidade da oferta interna de energia pode alcançar até 81% em 2055.

- Os **derivados de petróleo perdem participação** na matriz energética, principalmente pelas mudanças no setor de transportes, enquanto o **gás natural se mantém como um importante energético**, com uso em diversos setores.
- Houve **expressivo aumento** da participação das fontes **solar e eólica para geração elétrica**, e de **biomassa para produção de biocombustíveis e consumo industrial**.

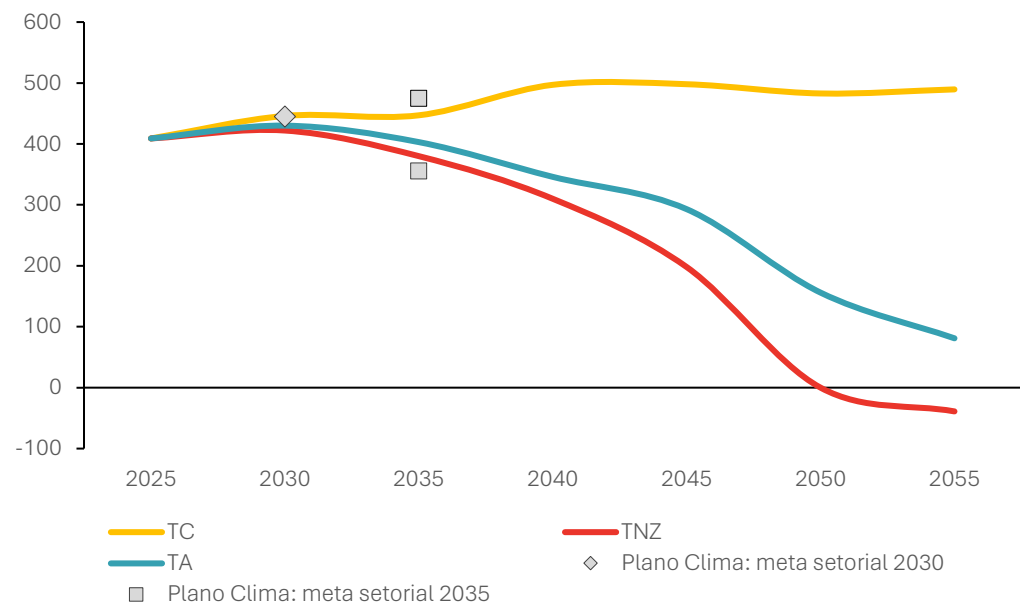
Participação das fontes e renovabilidade da oferta interna de energia

	 BIOMASSA	 HIDRÁULICA	 EÓLICA	 SOLAR	 PETRÓLEO	 GÁS	 CARVÃO	 URÂNIO	
2025	34%	11%	3%	2%	36%	8%	4%	1%	52%
TNZ 2055	42%	8%	14%	16%	6%	8%	3%	3%	81%
TA 2055	41%	9%	13%	11%	12%	8%	2%	5%	73%
TC 2055	33%	11%	10%	8%	25%	9%	3%	1%	62%

Setor de energia com significativo potencial de contribuição para o atingimento de metas climáticas nacionais

O setor de energia pode apresentar diferentes níveis de esforço para contribuir para o alcance de metas da NDC brasileira, sobretudo a de emissões líquidas zero de GEE para a economia como um todo até 2050.

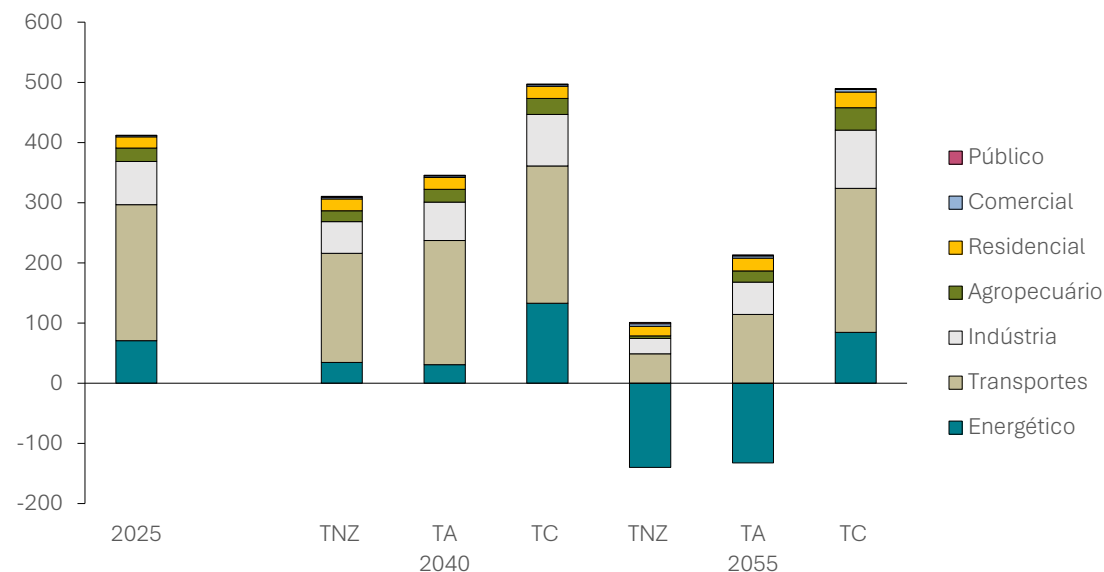
Emissões líquidas e metas de emissões de GEE²⁷ do setor de energia (Mt CO₂eq)



²⁷ Metas setoriais do Plano Clima para o escopo ampliado do Plano Setorial Energia, incluindo metas de emissões associadas ao uso de energia nos setores de Transportes, Indústria, Cidades e Agricultura e Pecuária.

- As **políticas vigentes são relevantes para manter o protagonismo do setor em termos de mitigação de emissões, tanto da produção quanto do uso de energia.** Contudo, mais incentivos à bioenergia e investimentos na cadeia de inovação, com vistas à implementação de tecnologias-chave para a descarbonização, são necessários para o alcance da meta climática nacional de longo prazo.
- Grande potencial de redução de emissões no uso final de energia,** especialmente no setor de transportes, não só pela substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis (convencionais e avançados), eletrificação e hidrogênio, mas também por ganhos de eficiência energética.

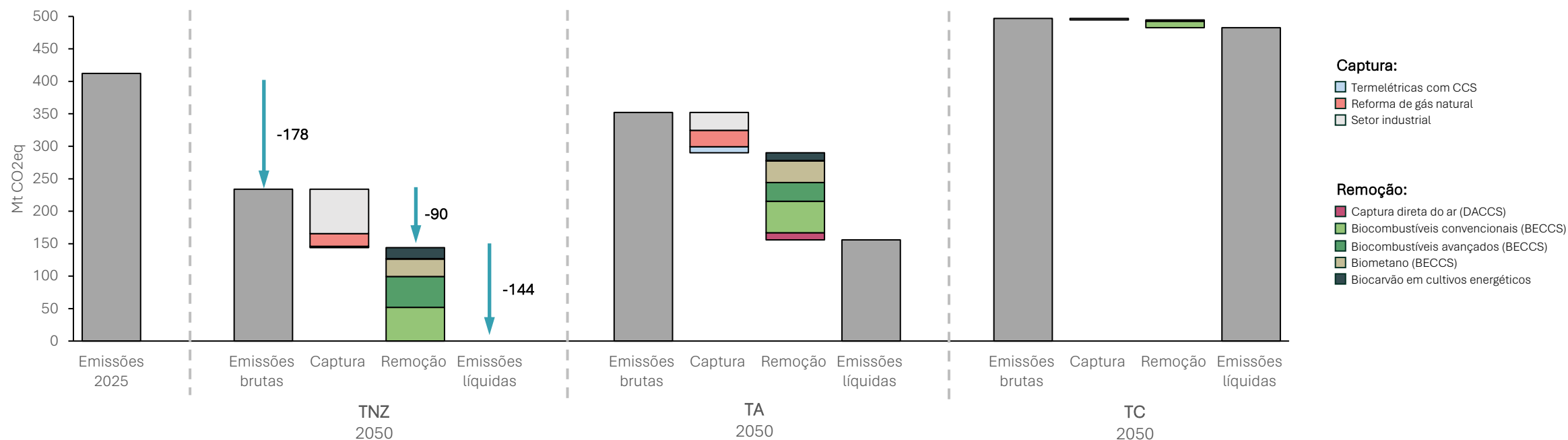
Emissões líquidas de GEE da combustão de energia por setor (Mt CO₂eq)



Contribuições do setor de energia para o atingimento da meta de emissões líquidas zero de GEE para a economia como um todo até 2050

O setor de energia contribui para o atingimento da meta de longo prazo por meio de substituição de combustíveis fósseis, eficiência energética e novas tecnologias.

- A mitigação de emissões, via substituição de combustíveis fósseis e eficiência energética, pode contribuir em até 178 Mt CO₂eq de redução de emissões em 2050 relativo às emissões líquidas em 2025. Adiciona-se o potencial de captura de carbono no setor industrial, reforma do gás natural para produção de hidrogênio e em termelétricas, com redução de emissões de até 90 Mt CO₂eq.
- Destaque especial para o potencial de remoção de carbono via BECCS, Biocarvão em cultivos energéticos e DACCS, alcançando até 144 Mt CO₂eq que podem ser removidos da atmosfera em 2050.

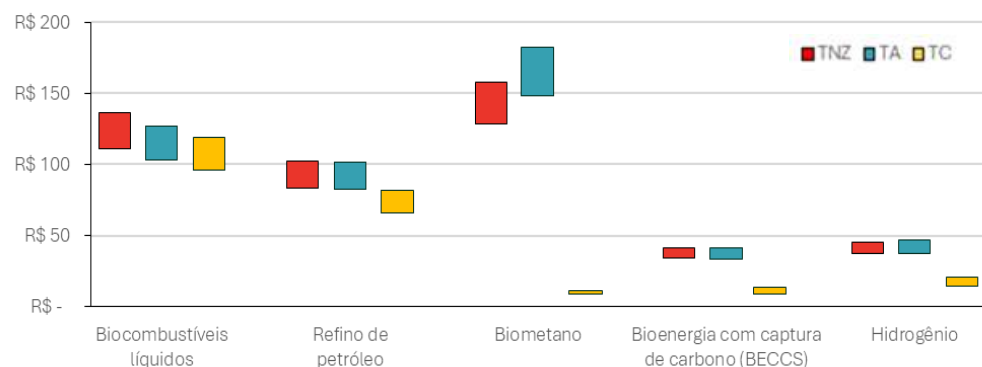


A transição energética pode se consolidar como um vetor de diversificação econômica para o País

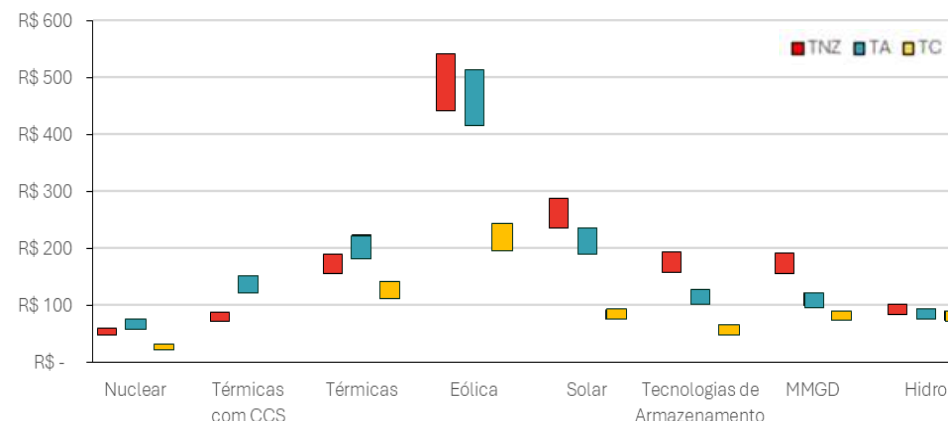
O investimento²⁸ é fundamental para o desenvolvimento econômico, pois além de ampliar a capacidade produtiva futura da economia tem potencial de gerar empregos e estimular a inovação.

- A **bioenergia** se mostra como parte relevante das soluções de descarbonização no contexto de transição energética nacional, potencializando investimentos no setor que podem chegar a montantes da ordem de **R\$ 300 bilhões até 2055**. Uma indústria consolidada de bioenergia pode possibilitar menores custos para tecnologias de captura e armazenamento de carbono no país, fundamentais em cenários de maiores ambições climáticas, especialmente em biocombustíveis convencionais, biocombustíveis avançados²⁹ e biometano. **Investimentos em BECCS³⁰ podem somar cerca de R\$ 40 bilhões no longo prazo.**
- Os **investimentos para expansão da matriz elétrica** se mostram mais significativos a depender do crescimento da carga de eletricidade e da ambição climática, podendo somar até cerca de **R\$ 2 trilhões até 2055**. Tecnologias tradicionais de geração se mantêm relevantes. **A parcela de investimentos em tecnologias emergentes³¹, ainda consideradas como novas na matriz nacional, pode crescer significativamente, chegando a representar patamares entre 10% e 30% do total de investimentos necessários em geração.**

Investimentos na produção de combustíveis, captura de carbono e hidrogênio (R\$ bilhões)



Investimentos na geração de eletricidade (R\$ bilhões)



²⁸ O montante dos investimentos foram trazidos a valor presente (2025) considerando uma taxa de desconto de 8% a.a.

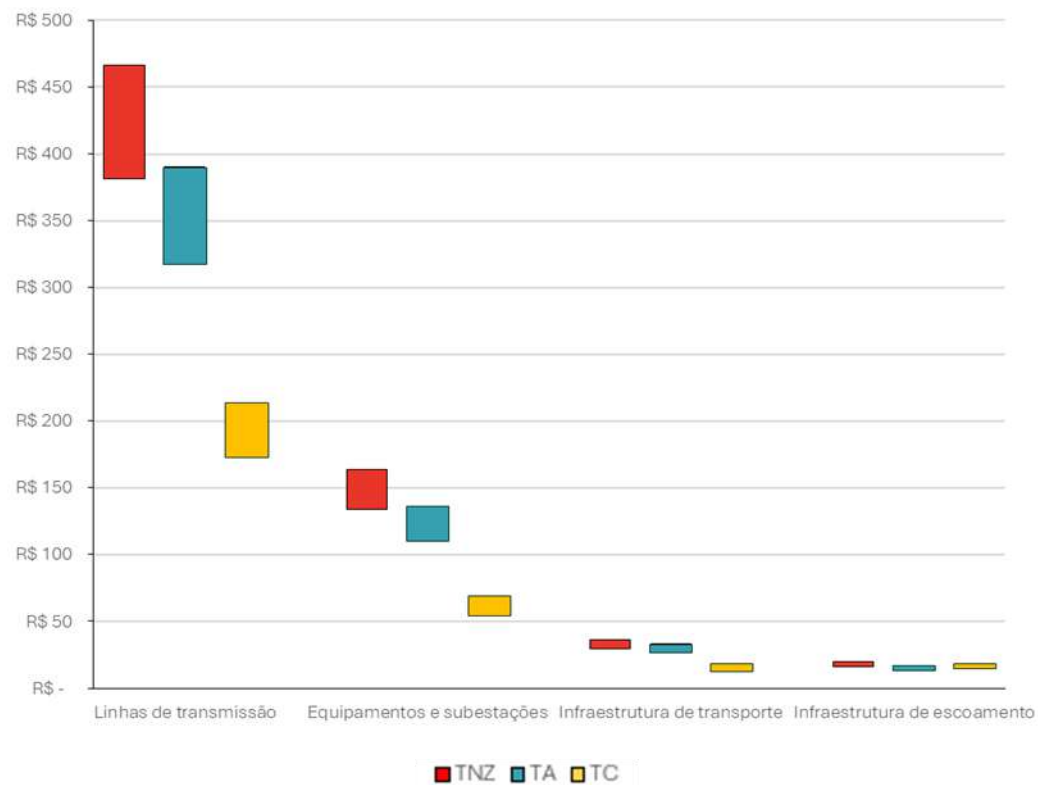
²⁹ Parcela de investimentos em biocombustíveis avançados estão alocados em projetos de *retrofit* de refinarias de petróleo.

³⁰ Bioenergia com captura de carbono (BECCS) contempla apenas investimentos de captura e não considera investimentos para transporte e armazenamento.

³¹ Eólica offshore, solar flutuante, térmicas com CCS, baterias - inclusive baterias atrás do medidor, usinas hidrelétricas reversíveis, resposta da demanda e SMR foram consideradas em tecnologias emergentes. Demais opções, inclusive relacionadas a MMGD, foram consideradas como tecnologias tradicionais.

Investimentos na expansão da infraestrutura se mostram como condição viabilizadora da transição energética brasileira

Investimentos em infraestrutura do setor energético³² (R\$ bilhões)



Investir na infraestrutura de gás natural e transmissão de energia fortalece a segurança energética do Brasil, tornando o sistema mais resiliente a eventos climáticos e preparado para os desafios do futuro.

- **A expansão da infraestrutura da transmissão pode viabilizar investimentos de até cerca de R\$ 600 bilhões no longo prazo.** Os investimentos proativos em transmissão são essenciais para o fortalecimento do sistema elétrico, especialmente por meio da ampliação das interligações regionais e intrarregionais e da adoção de tecnologias avançadas, fundamentais para assegurar maior resiliência e confiabilidade da rede.
- **A expansão da transmissão, integrada à diversificação da matriz de geração e à inserção de sistemas de armazenamento, contribui significativamente para o aumento da segurança energética e da flexibilidade operativa,** possibilitando ao sistema lidar de forma mais eficiente com fontes de geração variáveis, com os impactos de eventos climáticos extremos e com o crescimento de demandas com perfis distintos dos atuais.
- Com papel relevante na transição energética brasileira, **a expansão da infraestrutura de transporte e escoamento de gás natural deve estimular até R\$ 50 bilhões em investimentos até 2055,** podendo viabilizar o crescimento da oferta de biometano em sinergia com o gás fóssil. A expansão de infraestruturas interligadas e resilientes é necessária para o atendimento ao crescimento da demanda do setor industrial, consolidação de demandas em localidades ainda não atendidas, bem como para o alcance das metas climáticas.

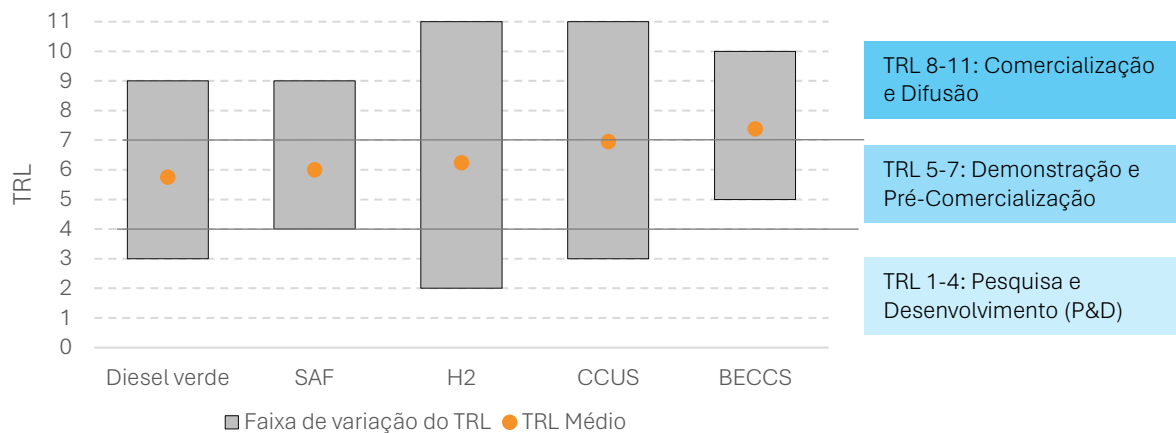
³² Estimativas realizadas a partir dos dados obtidos dos exercícios quantitativos.

Parcela relevante das tecnologias emergentes nos cenários do PNE 2055 se concentra em níveis intermediários de maturidade tecnológica

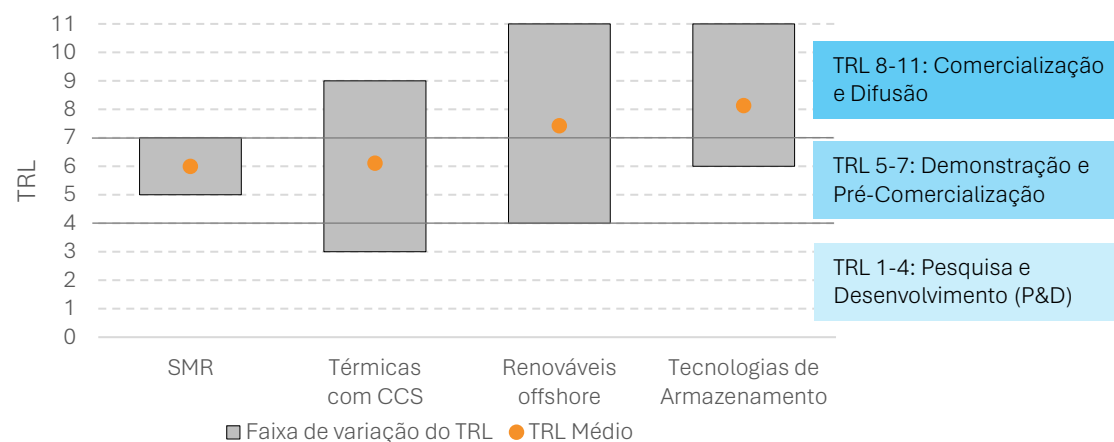
Portanto, a inserção dessas tecnologias no contexto brasileiro deve ser apoiada por políticas públicas que acelerem sua difusão, deem escala às soluções e viabilizem sua adoção em bases econômicas no médio prazo. Para viabilizar tecnologias diversas em escala e em bases econômicas, é necessário formar mercados no Brasil e no exterior e ampliar a cooperação com países que compartilhem interesses tecnológicos convergentes, em um ambiente de competição internacional crescente.

- Mapeamento realizado indica que as principais tecnologias emergentes já superaram a etapa puramente experimental, mas que ainda precisam **comprovar desempenho e competitividade em escala real**, com redução de custos e consolidação de cadeias de suprimento, infraestrutura e arcabouço regulatório. Esse perfil sugere a necessidade de **instrumentos de redução de risco e de estímulo à demonstração e ao escalonamento**, combinando mecanismos que viabilizem projetos “first-of-a-kind”, com iniciativas voltadas à **formação de mercado** e aceleração da difusão das soluções mais maduras dentro de cada grupo.
- O **Combustível do Futuro (Lei 14.993/2024)** e a **Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Lei 14.949/2024)** são alguns exemplos de políticas que atuam nesse sentido, ao criarem sinais de demanda e previsibilidade regulatória e ao combinarem instrumentos capazes de destravar investimentos e acelerar a formação de mercado. Na prática, esses marcos contribuem para reduzir incertezas, incentivar a construção de infraestrutura e cadeias de suprimento e orientar a inserção gradual de soluções de menor maturidade em condições econômicas, favorecendo sua passagem da demonstração para a escala comercial.

Nível de maturidade de tecnologias emergentes selecionadas



Nível de maturidade de tecnologias emergentes no setor elétrico



³¹ Com base nos cenários do PNE 2055, mapeou-se o nível de maturidade (TRL) dos principais grupos tecnológicos da transição energética brasileira a partir da base IEA ETP Clean Energy Technology Guide, visando subsidiar a reflexão estratégica sobre seu desenvolvimento no contexto nacional e reconhecer a heterogeneidade de maturidade dentro de cada grupo; o exercício abrangeu 123 tecnologias de captura e combustíveis (p.ex., diesel verde, SAF, hidrogênio, CCUS—gestão/indústria e BECCS) e 56 tecnologias do setor elétrico (p.ex., renováveis offshore, SMR, armazenamento e térmicas com CCS).



Rumo a 2055: Recomendações estratégicas



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

A reflexão estratégica do PNE 2055 nasce de uma abordagem prospectiva e sistêmica que se conecta a importantes desafios para a transição energética brasileira ...

A partir dos resultados dos cenários qualitativos e de sua quantificação, foram elaboradas recomendações estratégicas para avançar no sentido de uma visão de futuro em linha com um sistema energético descarbonizado como vetor de desenvolvimento sustentável. De forma simplificada, essa construção partiu da definição de **quatro pilares estratégicos**, que refletem desafios importantes. Tais desafios mapeados se desdobram em resultados esperados no horizonte de 2055, denominados **objetivos**. As **recomendações estratégicas**, por sua vez, endereçam possíveis formas de alcançar os objetivos que fazem frente aos desafios mapeados, servindo de subsídio aos formuladores de políticas públicas.

Vale destacar que a elaboração estratégica do PNE contou com uma análise de oportunidades, ameaças e desafios de todos os cenários elaborados no âmbito do trabalho, e não apenas dos cenários quantificados, a fim de estimular o desenvolvimento de estratégias híbridas e robustas, que sejam resilientes a todos os cenários³³. De toda forma, os resultados dos exercícios quantitativos adensaram as recomendações estratégicas aqui apontadas.

Pilares estratégicos



PILAR “SEGURANÇA E RESILIÊNCIA DO SISTEMA ENERGÉTICO”

Capacidade de o sistema energético atender a demanda com qualidade, confiabilidade e a preços acessíveis, mesmo em situações adversas, além de se adaptar a novas condições, como mudanças climáticas, avanços tecnológicos, variações de mercado, mudanças estruturais etc.

PILAR “POBREZA E JUSTIÇA ENERGÉTICA”

Promoção do acesso universal e equitativo aos serviços energéticos modernos, assegurando que os benefícios da transição energética sejam distribuídos de forma justa para a sociedade, sobretudo para os mais vulneráveis, promovendo a inclusão social, produtiva e regional.

PILAR “ENERGIA COMPETITIVA PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO”

Descarbonização do sistema energético com competitividade e sustentabilidade, desenvolvendo cadeias relevantes e estratégicas para a transição energética brasileira e gerando impactos positivos na economia nacional. Ou seja, trata-se de um amplo processo de descarbonização, com agregação de valor para o País.

PILAR “POLÍTICAS PÚBLICAS, REGULAÇÃO E FINANCIAMENTO PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA”

Necessidade de um arcabouço robusto e integrado de políticas públicas, instrumentos regulatórios e mecanismos de financiamento que mobilizem recursos para garantir uma transição energética justa e inclusiva.

³³ Esta e outras etapas de construção estratégica do PNE 2055 foram realizadas através de oficinas participativas e dinâmicas.

Recomendações estratégicas

SEGURANÇA E RESILIÊNCIA DO SISTEMA ENERGÉTICO



- 🎯 Garantir a oferta e o acesso à energia elétrica e combustíveis em todo o território nacional
- 🎯 Fortalecer a resiliência e a segurança do sistema energético nacional, assegurando custos adequados para a sociedade

Objetivo 1: Garantir a oferta e o acesso à energia elétrica e combustíveis em todo o território nacional

- **Expansão da oferta de energia com base nas potencialidades do País**, reforçando a diversificação da matriz e a complementariedade entre as fontes.
- **Desenvolvimento e modernização da infraestrutura energética**, assegurando o atendimento à demanda com confiabilidade e a preços acessíveis.
- **Promoção de uma gestão integrada dos recursos energéticos e naturais**, orientada por critérios de eficiência, sustentabilidade e segurança do suprimento.
- **Desenvolvimento de mecanismos de resposta rápida a eventos críticos**, como instabilidade políticas e ataques cibernéticos, para garantir o suprimento e o acesso de energia elétrica e combustíveis.

Objetivo 2: Fortalecer a resiliência e a segurança do sistema energético nacional, assegurando custos adequados para a sociedade

- **Aperfeiçoamento dos critérios de planejamento e dos mecanismos regulatórios e de atração de capital**, com foco na resiliência e segurança do sistema, buscando o equilíbrio entre custos e benefícios para a sociedade.
- **Realização de estudos e implementação de mecanismos que promovam a resiliência do sistema energético**, considerando as ameaças climáticas.
- **Desenvolvimento e aprimoramento de soluções que promovam flexibilidade do sistema**, frente à crescente inserção de fontes renováveis variáveis e às mudanças no perfil da demanda.
- **Reforço do protagonismo do Brasil na integração energética regional**, explorando sinergias em recursos energéticos e fomentando o desenvolvimento sustentável da América Latina.

Recomendações estratégicas

POBREZA E JUSTIÇA ENERGÉTICA



- 🎯 Aprimorar a capacidade institucional de análise, diagnóstico e monitoramento da pobreza e justiça energética
- 🎯 Erradicar a pobreza energética, de forma a garantir acesso universal a fontes modernas e serviços energéticos de qualidade e a preços acessíveis
- 🎯 Reduzir a desigualdade energética e promover inclusão social, produtiva e regional

Objetivo 1: Aprimorar a capacidade institucional de análise, diagnóstico e monitoramento da pobreza e justiça energética

- **Aprofundamento dos conceitos específicos e definição de indicadores de pobreza e justiça energética.**
- **Desenvolvimento de mecanismos de governança e sistemas de monitoramento de dados e indicadores de pobreza e justiça energética**, para subsidiar a formulação, avaliação e aprimoramento de políticas públicas.
- **Monitoramento dos impactos socioeconômicos das cadeias energéticas**, com foco na redução das desigualdades regionais.
- **Estabelecimento de governança para aprimoramento dos processos de diálogo, participação e articulação** entre as partes interessadas, fortalecendo a legitimidade da tomada de decisão relativa à pobreza e justiça energética.

Objetivo 2: Erradicar a pobreza energética, de forma a garantir acesso universal a fontes modernas e serviços energéticos de qualidade e a preços acessíveis

- **Conscientização e comunicação para ampliar a visibilidade da pobreza energética**, a sensibilização da sociedade, a transparência e a articulação institucional sobre o tema.
- **Fomento a soluções modernas de cocção**, substituindo o uso da lenha por tecnologias limpas e seguras.
- **Estímulo a universalização do acesso à cesta básica de serviços energéticos**, promovendo a eficiência energética e o uso sustentável da energia.
- **Investimento em infraestrutura para assegurar o acesso universal à energia de qualidade**, com preços acessíveis, especialmente para populações vulneráveis.

Objetivo 3: Reduzir a desigualdade energética e promover inclusão social, produtiva e regional

- **Promoção de formação e requalificação profissional** orientadas às cadeias produtivas da transição energética.
- **Participação social efetiva** nos processos de formulação, avaliação e monitoramento de políticas públicas relacionadas à transição energética.
- **Formulação e integração de políticas públicas que reduzam as desigualdades** sociais, territoriais, de gênero e étnico-raciais no contexto de transição energética.
- **Direcionamento dos recursos oriundos das cadeias energéticas**, especialmente a de hidrocarbonetos, para ações de inclusão produtiva, educação, capacitação e redução da pobreza energética.

Recomendações estratégicas

ENERGIA COMPETITIVA PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO



- 🎯 Alavancar a inovação, a digitalização e a eficiência para o sistema energético do futuro
- 🎯 Acelerar a descarbonização na produção e no consumo de energia, com competitividade e sustentabilidade
- 🎯 Adensar as cadeias estratégicas para a transição energética com maior potencial de agregação de valor

Objetivo 1: Alavancar a inovação, a digitalização e a eficiência para o sistema energético do futuro

- **Fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor energético**, com incentivo a novos modelos de negócio, considerando as potencialidades regionais e as necessidades do País.
- **Ampliação da eficiência energética** na produção, transporte e consumo, promovendo ações voltadas à conservação e uso racional de energia, à gestão de resíduos e à economia circular.
- **Desenvolvimento de desenhos de mercado que forneçam sinais econômicos adequados** para que os agentes, incluindo o consumidor, tenham um papel relevante na redução dos custos sistêmicos.
- **Estímulo à digitalização da infraestrutura energética**, com foco na integração de soluções e aumento da eficiência operacional.
- **Promoção da complementariedade entre os REDs**, em prol de benefícios sistêmicos da descentralização e da flexibilidade operacional.

Objetivo 2: Acelerar a descarbonização na produção e no consumo de energia, com competitividade e sustentabilidade

- **Planejamento coordenado para o afastamento dos combustíveis fósseis nos sistemas energéticos**, de forma justa, ordenada e equitativa, garantindo o uso eficiente dos ativos existentes.
- **Expansão da infraestrutura de baixo carbono** para viabilizar o atendimento da demanda com menor intensidade de carbono.
- **Descarbonização na produção de energia**, ampliando a geração elétrica de baixa emissão de carbono e reduzindo emissões na indústria de óleo e gás.
- **Promoção da bioenergia e da eletrificação** nos segmentos de uso final, sobretudo nos de difícil abatimento, considerando a viabilidade de cada solução.
- **Difusão de tecnologias de baixo carbono** por meio de marcos regulatórios habilitadores de mercado e investimentos em inovação.

Objetivo 3: Adensar as cadeias estratégicas para a transição energética com maior potencial de agregação de valor

- **Fomento ao desenvolvimento e adensamento produtivo e tecnológico de cadeias de valor estratégicas para a transição energética**, com base nas potencialidades regionais, impulsionando o protagonismo de empresas brasileiras.
- **Desenvolvimento de mercados e produtos sustentáveis de baixo carbono**, com foco na competitividade, inovação e agregação de valor.
- **Estruturação de políticas de formação técnico-científico voltadas às cadeias da transição energética**, em articulação com as estratégias de desenvolvimento produtivo.

Recomendações estratégicas

POLÍTICAS PÚBLICAS, REGULAÇÃO E FINANCIAMENTO PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA



- 🎯 Promover maior integração e coordenação de políticas públicas na direção da transição energética como vetor de desenvolvimento nacional sustentável
- 🎯 Atrair investimentos para o desenvolvimento do sistema energético do futuro mediante a modernização do arcabouço regulatório e fortalecimento dos mecanismos de financiamento
- 🎯 Fortalecer o posicionamento externo do Brasil em relação à estratégia nacional de transição energética

Objetivo 1: Promover maior integração e coordenação de políticas públicas na direção da transição energética como vetor de desenvolvimento nacional sustentável

- **Fortalecimento das capacidades institucionais do planejamento energético**, visando à qualificação da formulação, avaliação e articulação das políticas públicas.
- **Fortalecimento e consolidação de uma visão de longo prazo** sobre o processo da transição energética brasileira com a ampla participação social.
- **Consolidação de governança para garantir a perenidade, a coordenação e a integração das políticas públicas para a transição energética**, envolvendo os diferentes setores e entes federativos.
- **Ampliação da transparência, comunicação e articulação** com instituições públicas e privadas dos diversos setores, academia e sociedade civil em relação aos custos, benefícios e oportunidades da transição energética.

Objetivo 2: Atrair investimentos para o desenvolvimento do sistema energético do futuro, mediante a modernização do arcabouço regulatório e fortalecimento dos mecanismos de financiamento

- **Desenvolvimento integrado de desenhos de mercado, marcos regulatórios e instrumentos de financiamento** que orientem investimentos para uma transição justa e inclusiva.
- **Diversificação e fortalecimento dos meios de financiamento** público e privado para fomentar tecnologias de baixo carbono e potencializar seus impactos no desenvolvimento sustentável.
- **Alocação eficiente de custos e riscos**, com desenho de instrumentos de incentivo, incluindo subsídios, a partir de embasamento técnico-econômico e alinhamento com a transição energética nacional.

Objetivo 3: Fortalecer o posicionamento externo do Brasil em relação à estratégia nacional de transição energética

- **Atuação estratégica na política externa em defesa dos interesses energéticos nacionais**, influenciando normativos e mercados globais de energia a fim de potencializar oportunidades e reduzir barreiras para a transição energética brasileira.
- **Contribuição para uma efetiva integração energética com países vizinhos**, como instrumento de desenvolvimento compartilhado, aproveitando sinergias, fortalecimento geopolítico e atração de investimentos.
- **Fomento à cooperação internacional para a transição energética**, observados os interesses nacionais.



O PNE 2055 evidencia que o processo ordenado e equitativo da transição energética brasileira pode ser sustentado em bases tecnicamente sólidas ...



A geopolítica da energia traz novos contornos, limites e possibilidades para o ritmo da transição energética brasileira que se destaca, de partida, pela diversidade de seus recursos energéticos e uma oferta de energia cada vez mais descarbonizada.



Erradicação da pobreza energética, redução das desigualdades e ampliação da capacidade produtiva e competitiva das cadeias relevantes para a Transição Energética no Brasil são desafios que se destacam.



Apesar disso, há um amplo espaço para descarbonização do lado da demanda de energia, especialmente dos setores de difícil abatimento como transporte e indústria.



A liderança brasileira também será decisiva para maior integração energética regional, bem como para uma inserção externa estratégica e competitiva do setor energético brasileiro



Inovação, financiamento e novos modelos de negócios serão fundamentais para soluções cada vez mais integradas e também mais inclusivas e justas.



Trilhar este caminho rumo a um futuro energético sustentável no Brasil não será possível sem coordenação de políticas públicas para a Transição Energética e sem um amplo diálogo entre diferentes setores da sociedade.

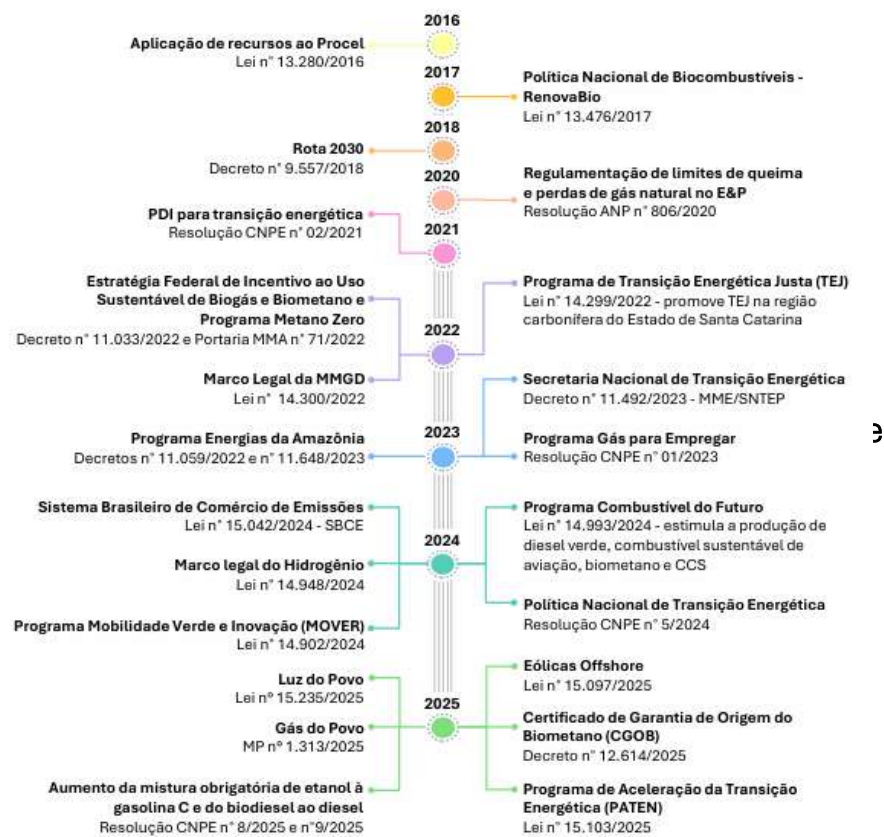
O Brasil já vem empreendendo uma série de esforços, com políticas públicas robustas e inovação, para o avanço de uma transição energética justa e inclusiva ...



De onde partimos?
Fact sheet 10 anos do Acordo de Paris

Fonte: EPE(2025) Factsheet 10 anos do Acordo de Paris

O BRASIL ESTÁ CONSTRUINDO UM MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL PARA CONTINUAR AVANÇANDO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA





O longo prazo traz desafios cuja superação demandará a integração de diferentes políticas públicas para a Transição Energética e um amplo diálogo entre diferentes setores da sociedade

- A contribuição do PNE 2055 é subsidiar tecnicamente o desenvolvimento de uma **visão compartilhada de longo prazo** para o setor energético a partir da exploração de cenários, tendências e incertezas. Essa contribuição é legitimada pela estrutura da Política Energética Nacional e, em especial, pela **Política Nacional de Transição Energética (PNTE)**, estabelecida pela Resolução CNPE nº 5, de 2024. A PNTE é uma iniciativa destinada a **integrar políticas públicas existentes, os planos setoriais e os instrumentos regulatórios e de financiamento** (Pilar 4), promovendo o processo de transição energética brasileiro de forma coordenada de modo a amplificar os esforços das diferentes áreas do governo e aproveitar as potencialidades nacionais, especialmente pelo instrumento do **Plano Nacional de Transição Energética (Plante)**.
- Nesse sentido, cabe ressaltar que a construção estratégica e concomitante do **PNE 2055 e do Plante** também se conecta e dialoga com diversas outras iniciativas e políticas interministeriais relacionadas à transição energética, tais como Plano Clima, Estratégia Brasil 2050, Plano de Transformação Ecológica e Nova Indústria Brasil.

Articulação de Políticas Públicas e Meios de Implementação que abordam a Transição Energética

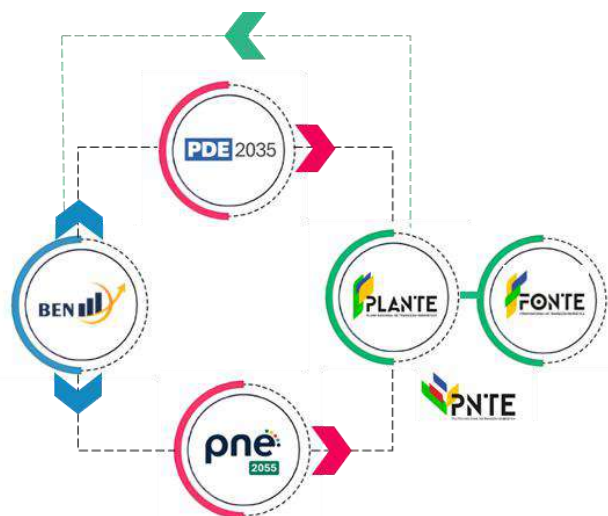




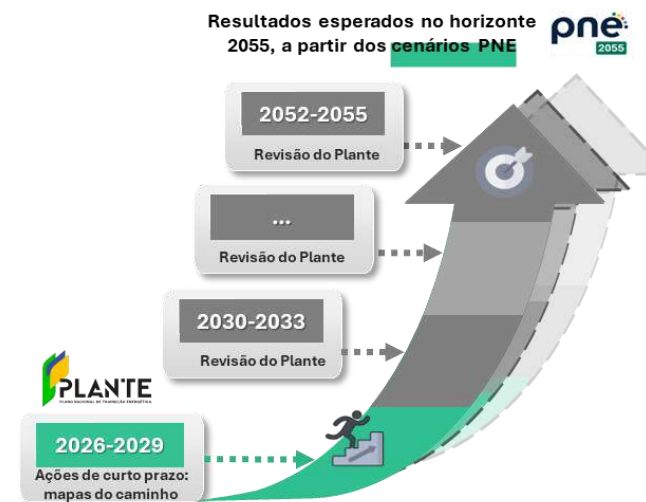
A Política Nacional de Transição Energética e seus instrumentos constituem arcabouço de governança potente a partir da integração entre a visão de longo prazo do PNE e os documentos estratégicos de curto e médio prazo

- O **Plano Nacional de Transição Energética (Plante)** e o **Fórum Nacional de Transição Energética (Fonte)** são os dois instrumentos da PNTE que visam ao cumprimento das suas diretrizes. O Plante é um **plano de ações de longo prazo, dividido em ciclos de implementação de 4 anos**, que olha para os diversos planos e programas no âmbito do Governo Federal voltados para a promoção da transição energética. Ele **sistematiza suas ações em roadmaps (mapas do caminho)**, identificando sobreposições e lacunas, e propondo novas iniciativas. Já o Fonte atua como um **espaço de diálogo entre governo, sociedade civil e setor produtivo**, sendo responsável por elaborar recomendações e promover a transparência e a **participação social** no processo de transição energética por meio de sua carta de recomendações.
- **Os resultados qualitativos e quantitativos e as considerações estratégicas do PNE são a principal referência técnica para o conteúdo do Plante**, que se baseia nos cenários de longo prazo e nos pilares estratégicos para a sistematização de ações. Assim, o Plante detalha, com embasamento técnico sólido, os próximos passos da trajetória brasileira para uma energia competitiva em uma economia de baixo carbono, com segurança, resiliência e justiça energética e é continuamente aprimorado e ajustado em seus ciclos de implementação rumo ao ano de 2055.

Os instrumentos da Política Energética Nacional e da PNTE



Horizonte de Planejamento do Plante ancorado nos cenários do PNE 2055



GLOSSÁRIO

BECCS (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*): Operação de captura e armazenamento geológico de dióxido de carbono (CCS) oriundo do processamento e/ou uso da biomassa em biorrefinarias e em biodigestores. Pode gerar emissões negativas, pois retira CO₂ da atmosfera durante o crescimento da biomassa e o armazena permanentemente.

Biocarvão: O biocarvão (*biochar*, em inglês) é um produto sólido com elevada concentração de carbono, altamente estável e resistente à decomposição biológica. É obtido a partir da pirólise da biomassa, um processo termoquímico caracterizado pelo aquecimento da matéria-prima a altas temperaturas na ausência de oxigênio. Esse processo rompe moléculas da biomassa e reorganiza as ligações químicas para formar o biocarvão, como também outros compostos concentrados em carbono, por exemplo os bio-óleos e gases de síntese que podem ser reaproveitados para fins energéticos.

Biocombustíveis Avançados: Termo amplo usado para se referir a uma série de biocombustíveis obtidos a partir de biomassas não-tradicionais ou tecnologias inovadoras. Incluem, por exemplo, biocombustíveis derivados de matérias-primas como resíduos, lignocelulose e algas. São avaliados como essenciais para setores de difícil descarbonização. Destacam-se: Diesel Verde, SAF e Metanol e Amônia (quando produzidos a partir de biomassa renovável).

Biocombustíveis Convencionais ou Tradicionais: Combustíveis produzidos de forma consolidada a partir da conversão de biomassas ricas em açúcares, amidos ou óleos, oriundas de culturas agrícolas tradicionais como cana-de-açúcar, milho e soja. Exemplos: etanol (a partir de açúcares ou amidos) e biodiesel (a partir de óleos vegetais).

Biorrefinaria: Conjunto de instalações que integra processos e equipamentos de conversão de biomassa para produzir combustíveis, energia e produtos químicos de valor agregado, otimizando o uso da matéria-prima e melhorando a eficiência do processo.

CCS/CCU/CCUS (*Carbon Capture, Utilization and Storage*): Conjunto de operações que capturam CO₂ de fontes industriais ou diretamente da atmosfera e o encaminham para armazenamento permanente em formações geológicas (CCS) ou para uso em processos produtivos (CCU). O termo CCUS pode ser usado para se referir de forma ampla à CCS e CCU ou para denominar estratégias que utilizem e armazenem o CO₂ concomitantemente.

Combustíveis de Baixo Carbono: Termo amplo usado para se referir a uma série de combustíveis com baixas emissões de gases de efeito estufa ao longo de seu ciclo de vida. Inclui combustíveis fósseis com captura de carbono, biocombustíveis, hidrogênio e combustíveis sintéticos.

Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF): Combustíveis líquidos destinados à aviação com emissão de gases de efeito estufa ao longo de seu ciclo de vida ao menos 10% inferior que o querosene fóssil. Incluem combustíveis produzidos a partir de matérias-primas renováveis (biomassa, resíduos orgânicos, óleos vegetais) ou por rotas sintéticas baseadas em hidrogênio e CO₂.

DACCS (*Direct air carbon capture and storage*): Operação que combina a captura direta de CO₂ da atmosfera com armazenamento de carbono. Gera emissões negativas.

Diesel Verde: Biocombustível composto por hidrocarbonetos parafínicos, destinado aos motores do ciclo Diesel, produzido pelas rotas indicadas no art. 2º da Resolução ANP Nº 842 DE 14/05/2021, a partir de matérias-primas exclusivamente derivadas de biomassa renovável.

Setores de Difícil Descarbonização: Indústrias e modos de transporte nos quais a redução das emissões de CO₂ é mais complexa ou inviável devido a requisitos técnicos, natureza dos processos industriais ou à falta de alternativas tecnológicas viáveis em larga escala. São setores que dependem de soluções como combustíveis de baixo carbono, hidrogênio ou captura de carbono para descarbonização. Exemplos incluem: aviação, transporte marítimo e Indústria pesada (aço, cimento, produtos químicos).



Plano Nacional de Energia 2055

Clique [aqui](#) e acesse todos os estudos do PNE 2055

Siga a EPE nas redes sociais e mídias digitais:



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

