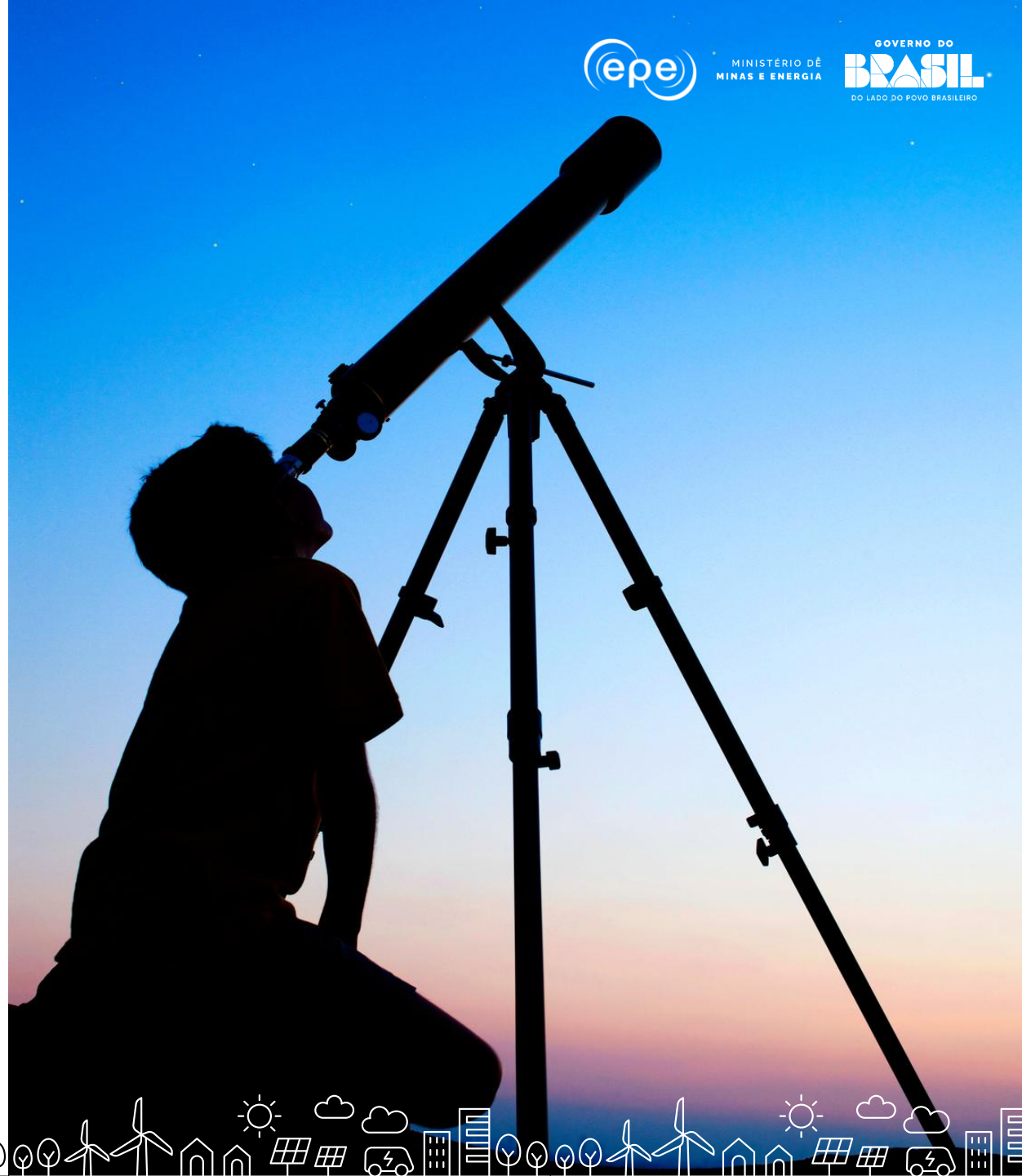
Plano Nacional de Energia 2055

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

Outubro 2026



FICHA TÉCNICA

(composição dos cargos em 1º de julho de 2026)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Ministro de Estado
Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo
Gustavo Cerqueira Ataide

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
Mariana de Assis Espécie

www.mme.gov.br

epe

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
Heloísa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa
Carlos Eduardo Cabral Carvalho

www.epe.gov.br

Rio de Janeiro, 2026

EQUIPE MME

MME

Coordenação Geral

Gustavo Cerqueira Ataide
Lorena Melo Silva Perim

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
Esdras Godinho Ramos
Leandro Pereira de Andrade
Liliane Ferreira da Silva
Mariana de Mello Duarte
Samira Sana F. de Sousa Carmo
Sergio Rodrigues Ayrimoraes Soares
William de Oliveira Medeiros

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 C. 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
Marlian Leão de Oliveira
Nelson Simão de Carvalho Júnior
Rogério Alexandre Reginato

Departamento de Políticas Setoriais
Aline Teixeira Eleutério Martins
Flávia Souza Ramos dos Guaranys

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
Patricia Costa Gonzalez de Nunes

Coordenação Técnica

Arnaldo dos Santos Junior
Bruno Scola Lopes da Cunha
Camila de Araujo Ferraz
Filipe de Pádua Fernandes Silva
Gabriel Konzen
Lidiane de Almeida Modesto
Luciano Basto Oliveira

Núcleo de Modelagem Integrada

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

Gabinete da Presidência

Chefe de Gabinete
Fernanda Corrêa Ferreira

Assessores da Presidência
Gustavo Naciff de Andrade
Patricia Costa Gonzalez de Nunes

Equipe Técnica
Daniel Kuhner Coelho
Francisco Abreu Victer
Juliana Rangel 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
Alberto José Leandro Santos
Andre Soares Alves
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
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
Santiago Silveira Barbosa

EQUIPE EPE

EPE

Simone Saviolo Rocha
Thais Accioly Araujo
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
Thaís Iguchi

Superintendência de Meio Ambiente

Superintendente
Elisangela Medeiros de Almeida

Superintendente Adjunta
Glauce Maria Lieggio Botelho

Consultores Técnicos
Bruno Scola L. da Cunha
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 G. de S. F. Teixeira
Guilherme de Paula Salgado
Gustavo Fernando Schmidt
Hermani de Moraes Vieira
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 Ferreira 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

EQUIPE EPE

EPE

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

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 Lourenço 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

Equipe Técnica
João Marcos Amorim dos Santos
Victor Melquiades Xavier Leal

AVISOS

Esta publicação contém projeções acerca de eventos futuros que refletem a visão da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no âmbito do Plano Nacional de Energia 2055 (PNE 2055). Tais projeções envolvem uma ampla gama de riscos e incertezas conhecidos e desconhecidos e, portanto, os dados, as análises e quaisquer informações contidas neste documento não são garantia de realizações e acontecimentos futuros.

Este documento possui caráter informativo, sendo destinado a subsidiar o planejamento do setor energético nacional.

A EPE se exime de responsabilidade por quaisquer ações e tomadas de decisão que possam ser realizadas por qualquer pessoa física ou jurídica com base nas informações contidas neste documento.

Controle de versões

Versão	Data	Descrição
v1	11/02/2026	Publicação inicial.
v2	20/07/2026	Revisões decorrentes da Consulta Pública MME nº 215/2026 e adaptação ao período de defeso eleitoral.
v3	26/10/2026	Adaptação do conteúdo em razão do fim do período de defeso eleitoral e atualização da linha do tempo de políticas na página 56.

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, divulgados no **Caderno de Potencial dos Recursos Energéticos**, 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 estão divulgados 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

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, 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

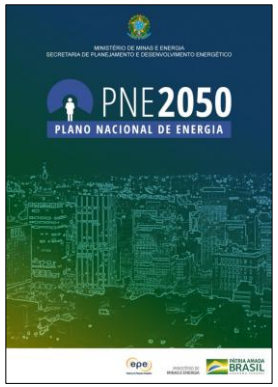
2007

PNE 2030



2020

PNE 2050



2025/2026

PNE 2055



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

Conforme estabelecido na Portaria MME nº 6, de 7 de janeiro de 2020, 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 de 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", conforme estabelecido pela Portaria Normativa GM/MME nº 89, de 8 de novembro de 2024. Nesse sentido, com horizonte de estudo mais curto e elaboração mais frequente, o PDE 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.

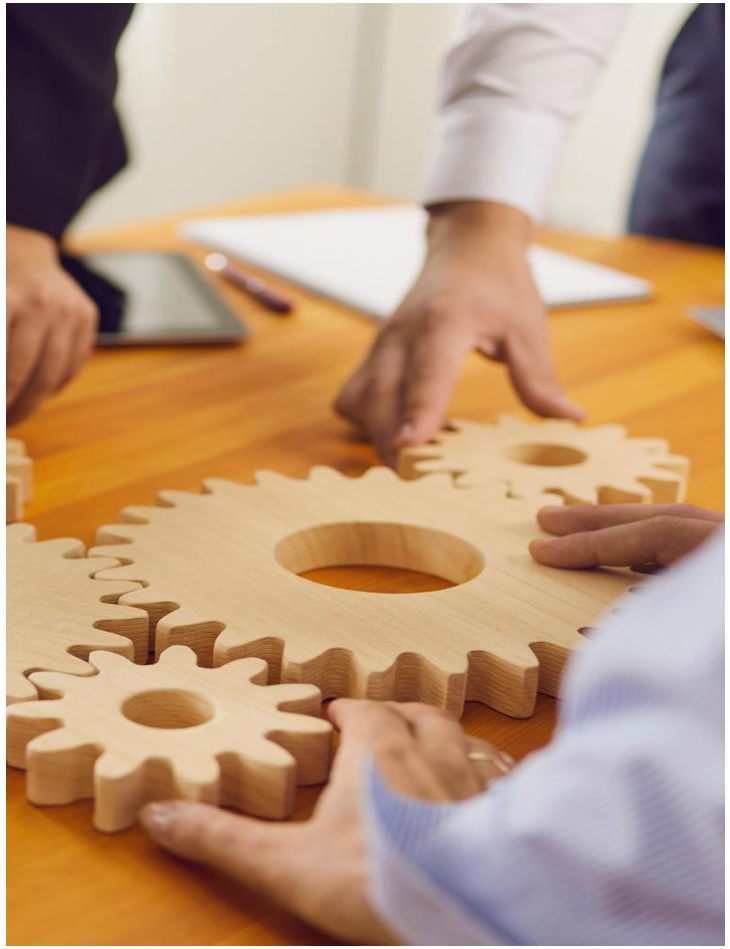


Como as políticas públicas se apresentam nos cenários do PNE 2055

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, destaca-se 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 do PNE 2055, o desenvolvimento de cenários prospectivos 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 contribuíram para compreender o ponto de partida do setor energético brasileiro.

Por meio do desenvolvimento de cenários qualitativos e quantitativos, foram explorados com mais clareza os diferentes futuros possíveis e as trajetórias associadas a cada um deles.

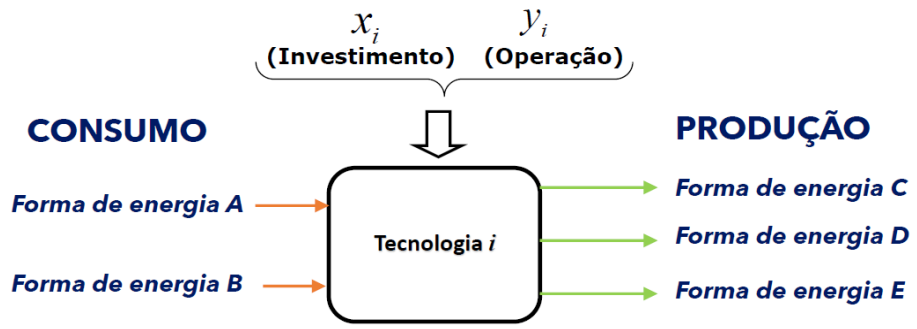
Por fim, a etapa de elaboração estratégica buscou identificar os caminhos necessários para alcançar os objetivos de longo prazo.

[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 Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel). Trata-se de um modelo de equilíbrio parcial que representa o **setor energético nacional dividido em cinco 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 à 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 à extração de reservas e limites de emissões de gases de efeito estufa (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 da 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: a 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, políticas, 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 baseiam-se em dados atualizados da literatura científica, considerando diferentes níveis de maturidade tecnológica aplicados a um estudo de longo prazo. Investimentos em infraestruturas associadas ao setor de energia são estimativas exógenas à otimização do modelo integrado.
  - Demanda energética é exógena ao modelo integrado: modelos setoriais 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 à demanda final de energia foi simulada por meio de diferentes modelos nos setores de transportes, indústria, edificações etc., que representam tendências tecnológicas alinhadas ao contexto brasileiro e às narrativas dos cenários.
  - Restrições de emissões de gases de efeito estufa (GEE): o modelo integrado representa limites de emissões de GEE para o setor de energia com base em trajetórias alinhadas às narrativas dos cenários do PNE 2055 e, consequentemente, às metas climáticas da NDC brasileira, utilizando como referência cenários e dados da literatura científica (IPCC e 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

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 2055[3] 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

QUADRO SÍNTESE DA CENARIZAÇÃO

Objeto e local
Sistema energético no Brasil

Horizonte temporal
2055

Objetivo
Traçar trajetórias para um sistema energético descarbonizado como vetor de desenvolvimento sustentável

Pergunta-chave
Quais desafios e oportunidades para a construção de um sistema energético descarbonizado que contribua para o desenvolvimento sustentável?

Público-alvo
MME e sociedade em geral



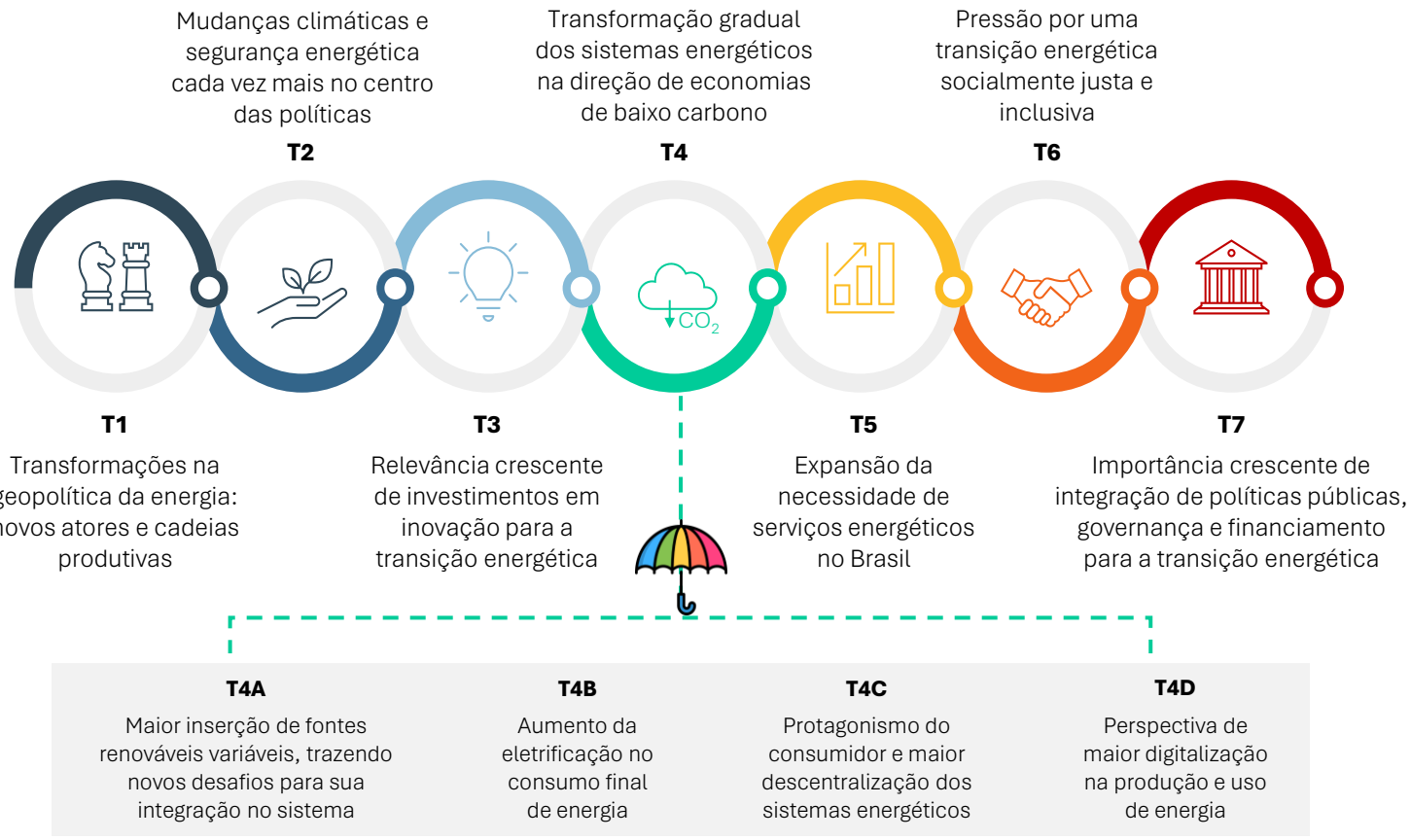
DIMENSÕES-CHAVE DOS CENÁRIOS ENERGÉTICOS

- Geopolítica da Energia
- Inovação
- Desenvolvimento Sustentável
- Demanda de Energia e Papel do Consumidor
- Resiliência e Segurança Energética
- Políticas Públicas, Governança e Financiamento

[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 a 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. 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 ...

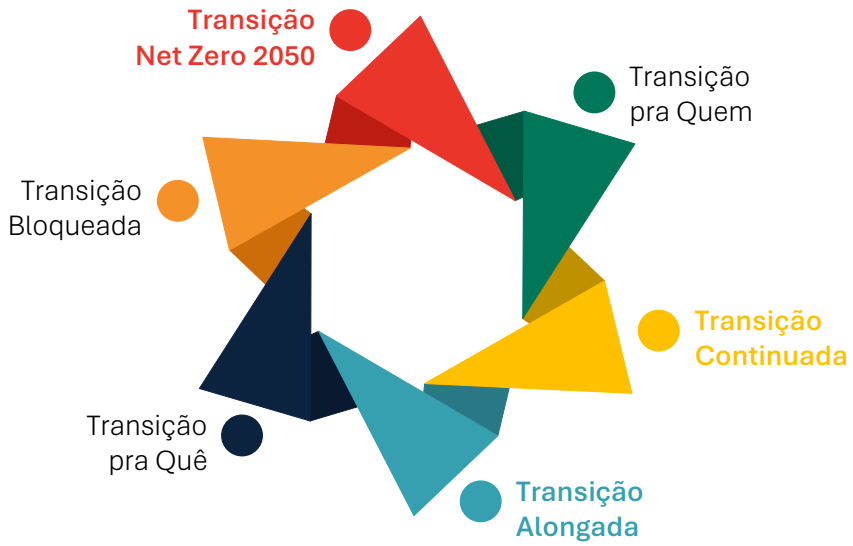
Incertezas para o sistema energético nacional até 2055

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, por meio de modelagem integrada, representando um conjunto relevante de futuros possíveis[5] 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)

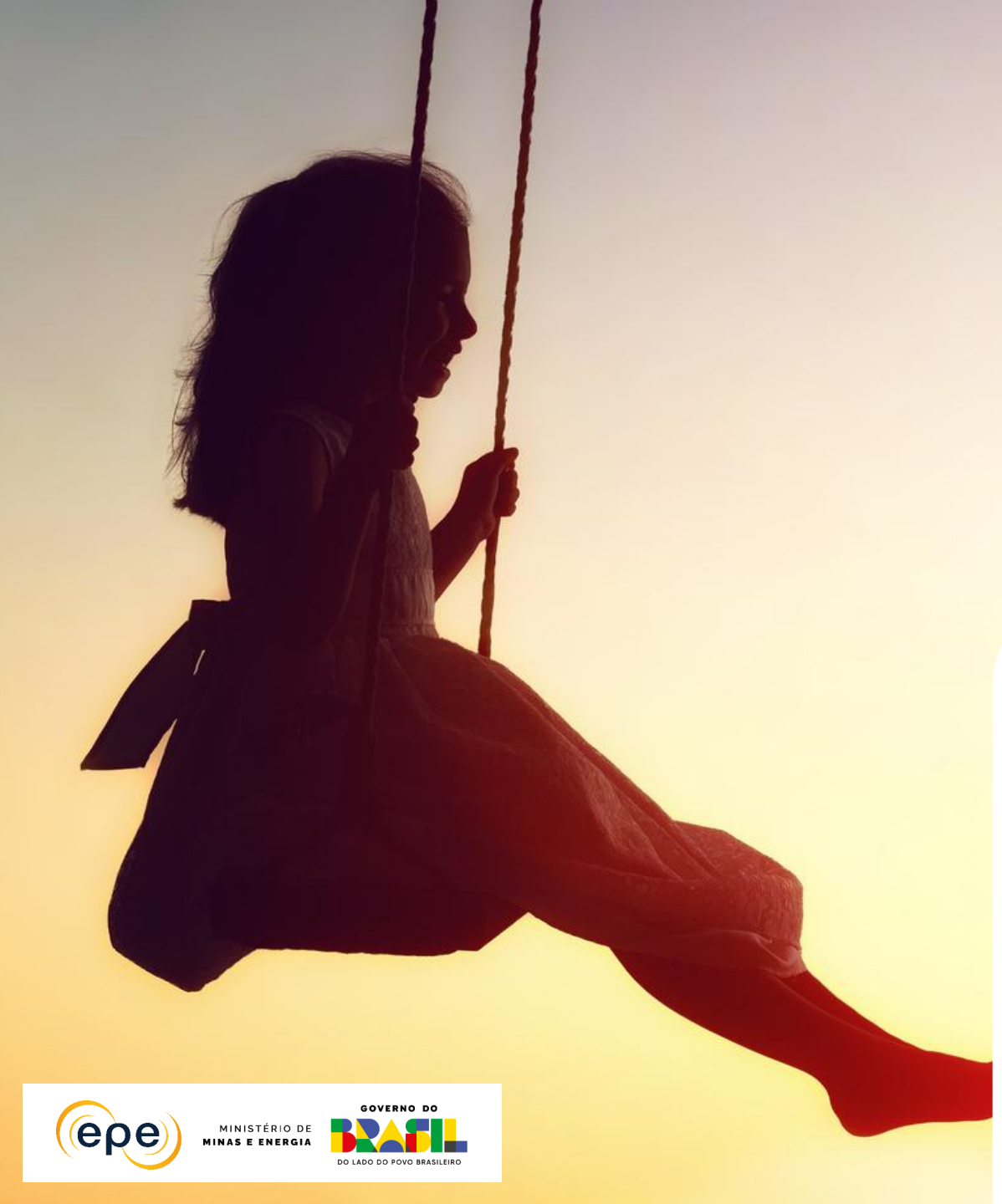
- 3,2% a.a. de crescimento do PIB e **expansão do consumo** das famílias.
- Economia ainda apoiada em um **modelo primário exportador**.
- Avanços na governança e na integração de políticas, regulação eficaz; financiamento instável.
- Brasil avança na transição energética mas não alcança o *net zero* 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 desenvolvido posteriormente aos demais cenários, com o objetivo de representar um futuro possível diante das mudanças mais recentes observadas na conjuntura internacional.
[5] Em consonância com a abordagem de futuros possíveis adotada no PNE 2055, não há um cenário de *business as usual* entre os cenários analisados. Nesse contexto, a trajetória indicativa do PDE pode ser compreendida como inserida no espectro de futuros explorados pelo PNE 2055. Adicionalmente, o combate à pobreza energética constitui uma prioridade da política energética nacional, refletida na seleção dos cenários quantificados, que permitem explorar diferentes trajetórias de avanço conforme os distintos contextos considerados.



Principais mensagens da quantificação dos cenários

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



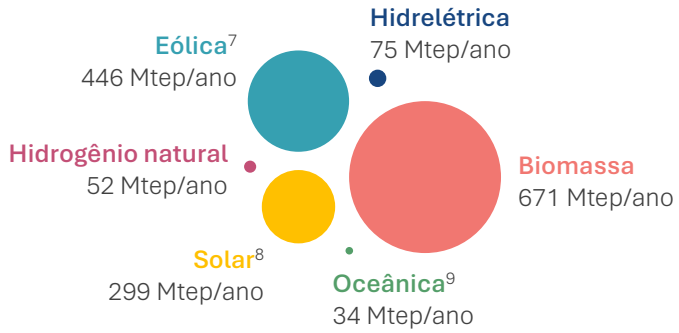
O Brasil tem **recursos energéticos suficientes** para suprir as suas necessidades de longo prazo em todos os cenários energéticos do PNE 2055.

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



- 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 expansão[6] (Mtep por ano)



- 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 variações por conta de diferenças de temperatura.

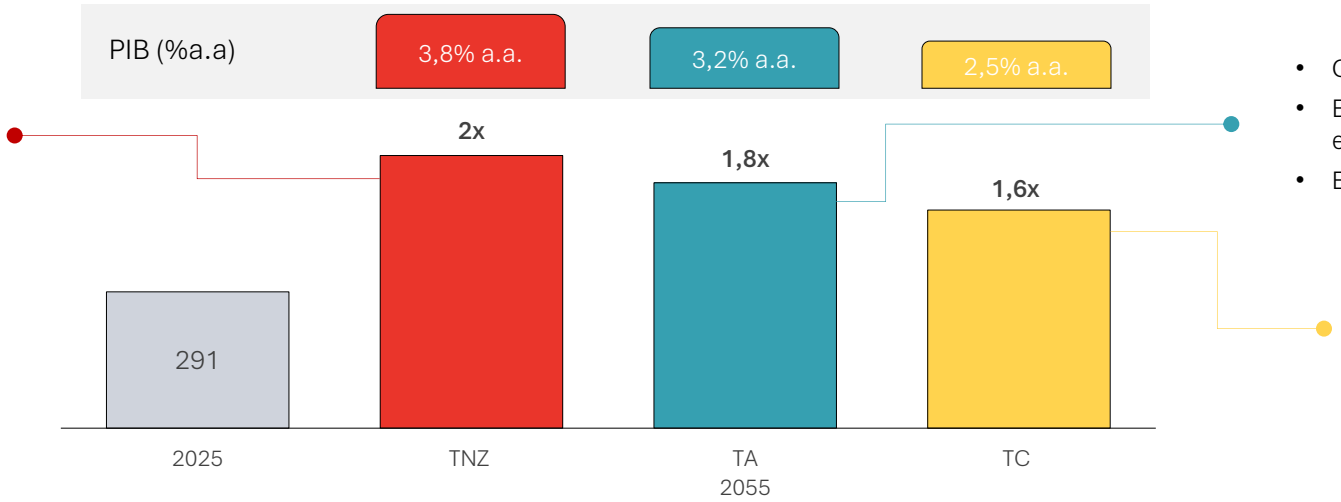
O consumo de energia tende a se multiplicar com o bom desempenho econômico do País ...

Nos cenários quantificados, a economia brasileira cresce, em média, entre 2,5% a.a. e 3,8% a.a. até 2055. O maior dinamismo econômico é impulsionado por uma mudança estrutural da economia, com ampliação da participação de setores de maior valor agregado e pelo aproveitamento das vantagens comparativas do Brasil na transição energética, favorecendo o desenvolvimento de cadeias produtivas estratégicas no País.

- Nesse contexto, a indústria apresenta expansão mais intensa, impulsionada pela política de neoindustrialização, cujos efeitos se refletem em toda a economia. A transição energética também se consolida como vetor para a transformação socioeconômica, contribuindo para a redução das desigualdades e para o aumento do consumo das famílias.
- Diante desse desempenho econômico, o País registra um **aumento substancial da demanda de energia, que pode alcançar, em 2055, valores entre 1,6 e 2,0 vezes superiores aos atuais.**
- Em todos os cenários, o crescimento da demanda de energia impõe desafios à expansão da oferta e à manutenção da segurança energética no País.

Expansão da demanda de energia em relação a 2025 (milhões de tep)

- Maior crescimento econômico.
- Crescimento expressivo da indústria: 4,4% a.a.
- Eletrificação massiva e altas taxas de eficiência.



- Crescimento econômico relevante.
- Economia ainda apoiada no modelo primário-exportador.
- Expansão do consumo das famílias.

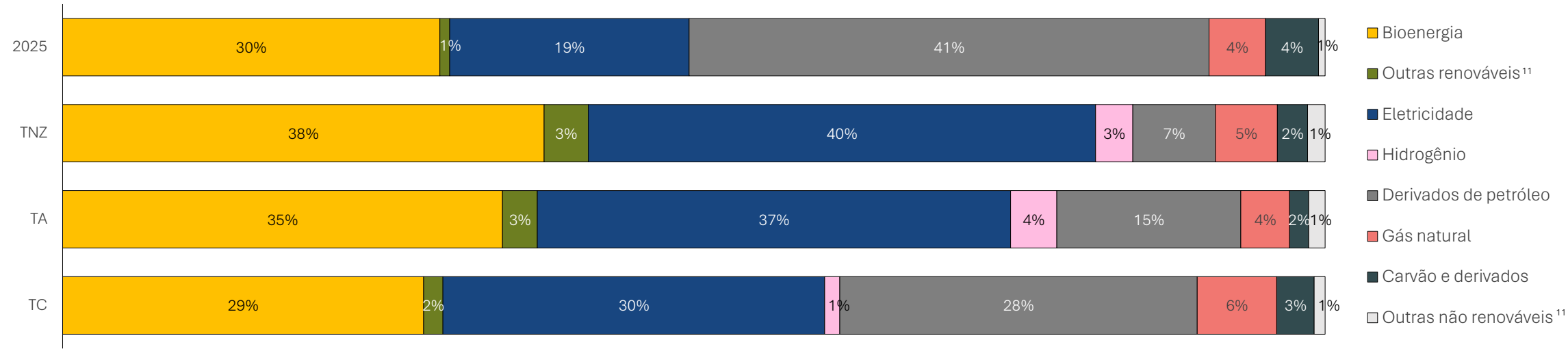
- Menor crescimento econômico.
- Sem mudanças estruturais na economia.
- Menores taxas de eletrificação e eficiência energética.

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

O mix de fontes utilizado para atender à demanda final de energia em 2055 pode variar significativamente entre os cenários, sendo a eletrificação e a bioenergia elementos centrais para a descarbonização da demanda energética.

- De modo geral, quanto maior a penetração da eletricidade, menor tende a ser a participação dos combustíveis fósseis ao final do horizonte. Independentemente do cenário, **a eletricidade ganha relevância em 2055, com consumo variando entre 2,6 e 4,2 vezes o nível atual**.
- Nos cenários de maior descarbonização, **a ampliação da participação da bioenergia[10], do gás natural, do biometano e até mesmo do hidrogênio** – em especial de baixa emissão de carbono – **contribui significativamente para a redução gradual do consumo de combustíveis fósseis**.
- Nesse contexto, a participação dos derivados de petróleo no consumo final de energia pode diminuir gradualmente, passando de um patamar próximo a 40% para menos de 10%.

Participação das fontes no consumo final em 2055 (% do total)[11]



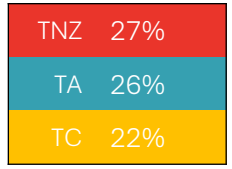
[10] Bioenergia inclui biomassa, biometano e biocombustíveis líquidos.
[11] Os percentuais de participação podem não somar 100% em função de arredondamento. Outras renováveis incluem solar térmica, biogás e biomassa. Outras não renováveis incluem gás natural úmido e outras primárias não renováveis.

Ganhos de eficiência energética serão fundamentais para o atendimento à demanda

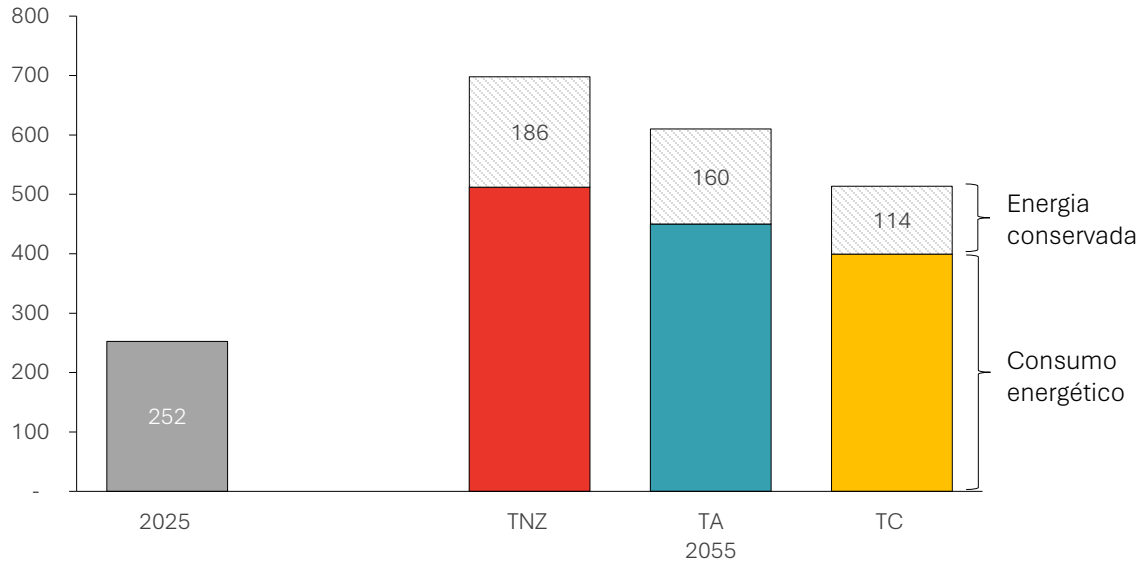
A eficiência energética pode evitar mais de 25% do consumo final energético até 2055. Isso representa uma economia de quase 200 milhões de tep, valor próximo ao consumo atual dos setores de transportes e industrial somados.

- **Na indústria,** as medidas de eficiência energética podem ser implementadas por meio de diversas ações, que vão desde **a aquisição e modernização de equipamentos até a eletrificação e a ampliação do uso do gás natural**. Nesse contexto, a eficiência energética se consolida como **importante vetor de descarbonização na indústria**, em complementaridade a outras medidas, como o aumento do uso da biomassa.
- **Nos transportes**, a **crescente eletrificação** constitui fator relevante para o aumento da eficiência energética. Os ganhos podem ser ainda maiores quando considerados os efeitos sistêmicos associados à **ampliação do transporte público e à mudança da matriz logística nacional.**
- Em cenários mais orientados à descarbonização, **as edificações de baixo consumo energético e baixas emissões são impulsionadas por políticas públicas e marcos regulatórios alinhados às metas de *net zero***, bem como por um planejamento urbano voltado a cidades mais eficientes e inclusivas.
- **No setor residencial, o combate à pobreza energética também exerce papel fundamental como vetor de eficiência energética**, por meio da substituição de fontes tradicionais de cocção de alimentos, como lenha e carvão vegetal, por fontes modernas, como GLP e eletricidade.

Estimativa da eficiência para os setores residencial, transportes e indústria[12]



Consumo energético total e ganhos de eficiência energética (milhões de tep)



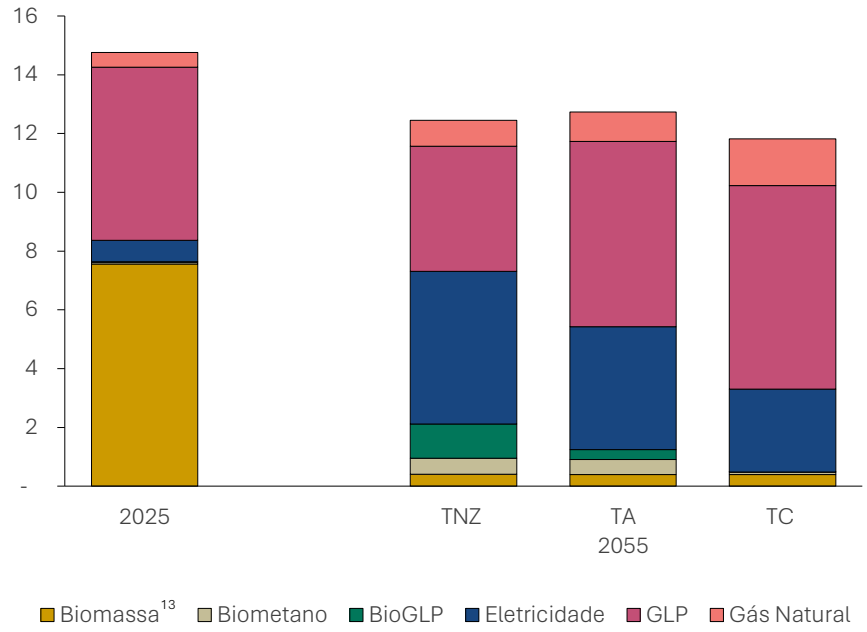
[12] Eficiência média dos setores residencial, transportes e indústria. A economia de energia é calculada com os mesmos percentuais aplicados a todo consumo final energético.

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, viabilizando o acesso universal a fontes modernas de energia, ainda que as trajetórias de avanço variem conforme os diferentes níveis de descarbonização da matriz residencial. A redução das desigualdades energéticas é fundamental para a erradicação da pobreza energética e para a promoção da eficiência energética.

- Nesse contexto, o processo de erradicação da pobreza energética está diretamente associado à ampliação do **acesso a serviços energéticos modernos, baseados em combustíveis e tecnologias limpos, seguros, eficientes e de qualidade**, contribuindo para a melhoria das condições sociais, de saúde e de bem-estar da população, especialmente da parcela em maior vulnerabilidade socioeconômica.
- O crescimento econômico e o aumento da renda das famílias permitem maior acesso aos serviços energéticos nos domicílios, **desbloqueando uma demanda residencial historicamente reprimida**. Nesse contexto, o consumo anual per capita de energia no setor residencial pode quase dobrar no cenário mais ambicioso, passando de **1,46 tep/habitante**, em 2025, para até **2,6 tep/habitante**, em 2055.
- Em relação aos ganhos de eficiência, os efeitos são particularmente relevantes quando associados à eletrificação do cozimento de alimentos, uma vez que a eletricidade apresenta eficiência superior à de combustíveis como GLP, gás natural e, sobretudo, lenha e carvão vegetal. Em todos os cenários, **a participação da biomassa converge para cerca de 3%, patamar residual associado principalmente a fatores culturais**.
- Nos cenários mais ambiciosos, observa-se **crescimento expressivo da participação da eletricidade,** que pode atingir 42% do consumo de energia destinado ao cozimento de alimentos, refletindo-se em ganhos significativos de eficiência energética e descarbonização do setor.
- Já nos cenários de descarbonização mais lenta, o **GLP** tende a assumir maior protagonismo na substituição da lenha, podendo alcançar participação de até 59% no consumo destinado a esse uso final, consolidando-se como principal fonte para cocção de alimentos e importante vetor de promoção de justiça e segurança energética.

Consumo energético no cozimento de alimentos (milhões tep)



[13] Biomassa inclui lenha e carvão vegetal.

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

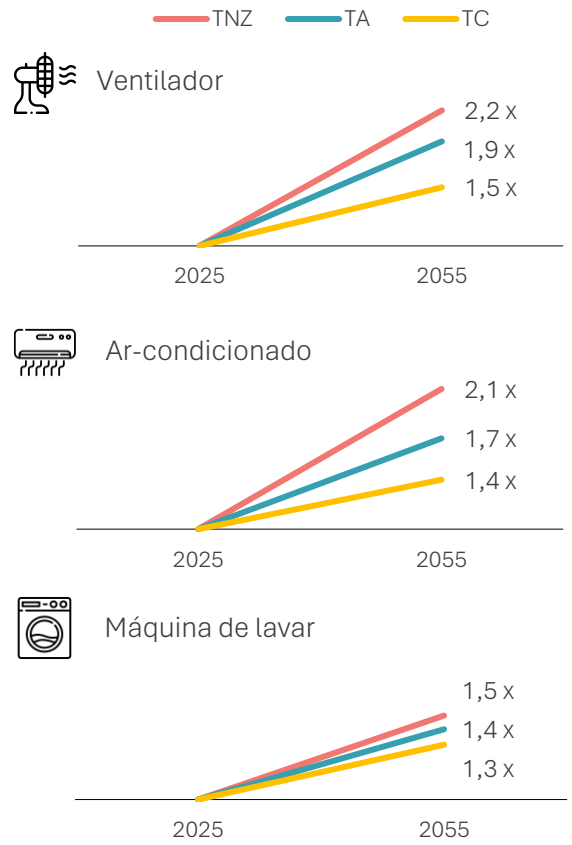
Outro vetor essencial no enfrentamento da pobreza energética é a ampliação do acesso a equipamentos eletrodomésticos pelas diferentes camadas sociais do País. Nos cenários mais ambiciosos, algumas categorias podem registrar até o dobro de equipamentos por domicílio.

- Nesses cenários, o maior crescimento econômico torna os equipamentos de climatização, como **condicionadores de ar e ventiladores, cada vez mais relevantes no setor residencial, podendo dobrar o número de aparelhos por domicílio.** Uma parcela maior da população passa a ter acesso aos serviços energéticos proporcionados por esses equipamentos, atendendo a uma demanda anteriormente reprimida, especialmente entre os domicílios de menor renda.
- O maior acesso a equipamentos de climatização, associado a políticas de promoção da eficiência energética e do desempenho das edificações, **contribui para ampliar a adaptação dos domicílios às mudanças climáticas e proporcionar maior conforto térmico à população.**
- **As máquinas de lavar roupa**, cuja posse ainda é notadamente desigual entre regiões e classes sociais do País, **ganham espaço como item cada vez mais relevante nas residências em todos os cenários**, com crescimento de até 50% no número de aparelhos. Já equipamentos de entretenimento e comunicação, como televisores e computadores, apresentam expansão diretamente relacionada à evolução das condições sociais e econômicas.

O consumo residencial de energia elétrica 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 em ritmo ainda mais acelerado do que o consumo total de energia. O **consumo mensal per capita de eletricidade pode quase triplicar**, passando, no cenário mais ambicioso, de 67,5 kWh/habitante, em 2025, para até 183 kWh/habitante, em 2055.
- De forma complementar, os avanços na universalização do acesso e os esforços voltados à promoção da **eficiência energética de equipamentos e eletrodomésticos contribuem para mitigar os impactos do aumento da demanda** no setor residencial, reduzindo os momentos de pico do sistema e a necessidade de expansão de oferta. Além disso, essas medidas melhoram a qualidade de vida da população e **aliviam o peso dos gastos com energia no orçamento das famílias.**

Evolução da posse de equipamentos por domicílio

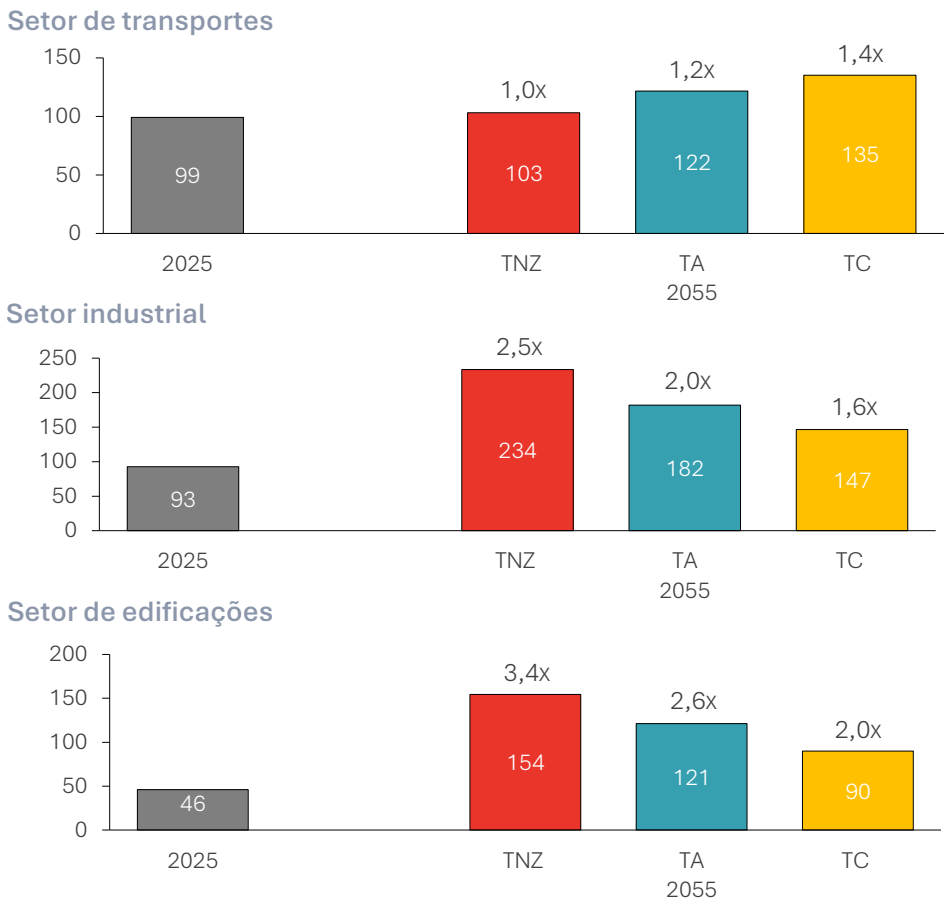


Mesmo com significativos ganhos de eficiência, o consumo dos setores de transportes, industrial e de edificações cresce

A eficiência energética e a substituição de fontes energéticas desempenham papel fundamental na evolução do consumo energético nacional. Nos cenários mais ambiciosos, os ganhos de eficiência no setor de transportes permitem conciliar forte desenvolvimento econômico com significativa descarbonização do setor.

- A indústria pode assumir protagonismo ainda maior, impulsionada pelo avanço das políticas de neoindustrialização e pelo adensamento das cadeias nacionais, resultando em forte elevação do consumo energético do setor.
- Nas edificações, que incluem os setores residencial, comercial e público, observa-se aumento significativo da participação no consumo nacional de energia. A entrada de grandes cargas como *data centers*, associada à tendência de eletrificação e à expansão do consumo das famílias, especialmente nos cenários mais ambiciosos, contribui para o crescimento da demanda.
- No setor de transportes, a eficiência energética pode ser decisiva, sobretudo por meio da substituição modal, com maior participação do transporte coletivo e da eletrificação.
- Em todos os setores, os esforços de promoção da eficiência energética são fundamentais para conciliar desenvolvimento econômico e avanços sociais com um crescimento proporcionalmente menos intenso da demanda de energia.

Demanda de energia de setores selecionados (milhões de tep)

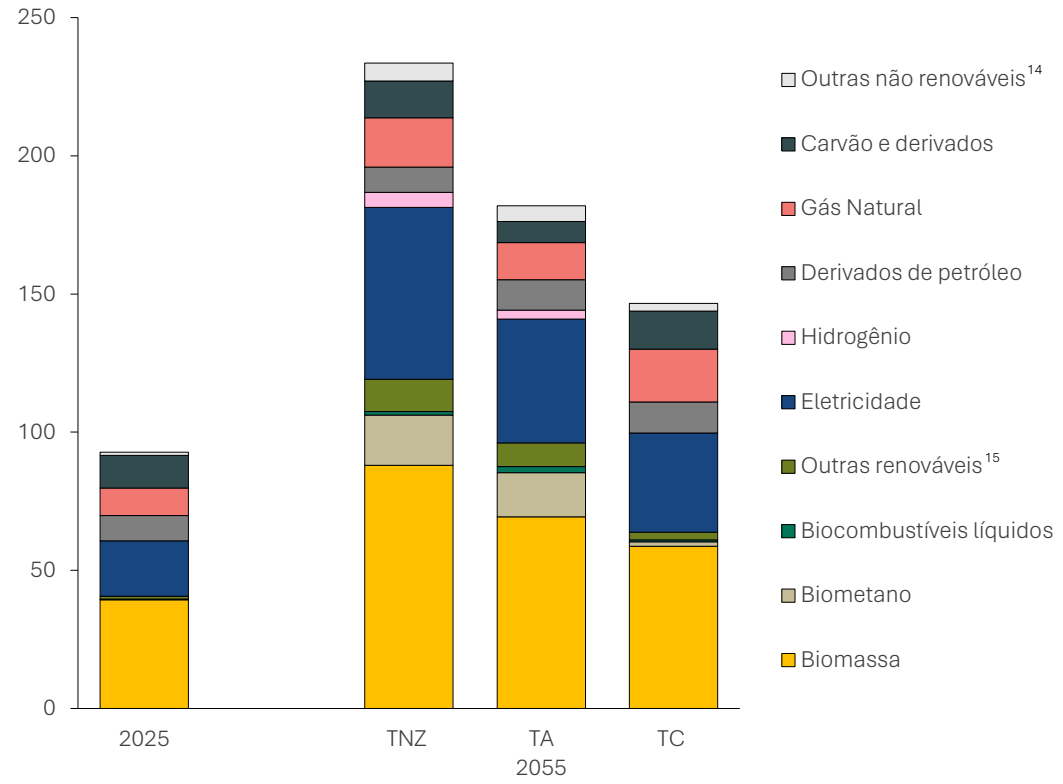


Na indústria, a eletrificação, a biomassa e as tecnologias de captura e armazenamento de carbono se destacam como opções de descarbonização

A descarbonização da indústria conta com um amplo portfólio de opções para mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Destacam-se a manutenção da elevada participação de biomassa e o avanço da eletrificação em um contexto de crescimento de demanda, podendo, juntas, representar até cerca de 70% do consumo energético industrial em 2055.

- O **gás natural e o biometano também podem contribuir para a redução de emissões** ao substituir fontes mais intensivas em carbono, como o coque de carvão mineral. Nesse contexto, **o consumo combinado dessas fontes no setor industrial pode alcançar volume até 3,6 vezes superior ao registrado em 2025.**
- O **hidrogênio também pode compor o conjunto de soluções voltadas à redução de emissões no longo prazo**.
- O setor apresenta **ganhos de eficiência energética** no curto e médio prazo, contribuindo para o aumento da produtividade industrial, além da redução do consumo de energia e das emissões associadas.
- Para além das emissões relacionadas ao uso de energia, a indústria também possui emissões intrínsecas aos seus processos. Dessa forma, mesmo com a redução da participação de fontes fósseis, ainda permanecem emissões que não são abatidas. Nesse contexto, **a captura de carbono desponta como tecnologia fundamental para o alcance das metas climáticas no longo prazo.**

Demanda de energia do setor industrial por fonte (milhões de tep)



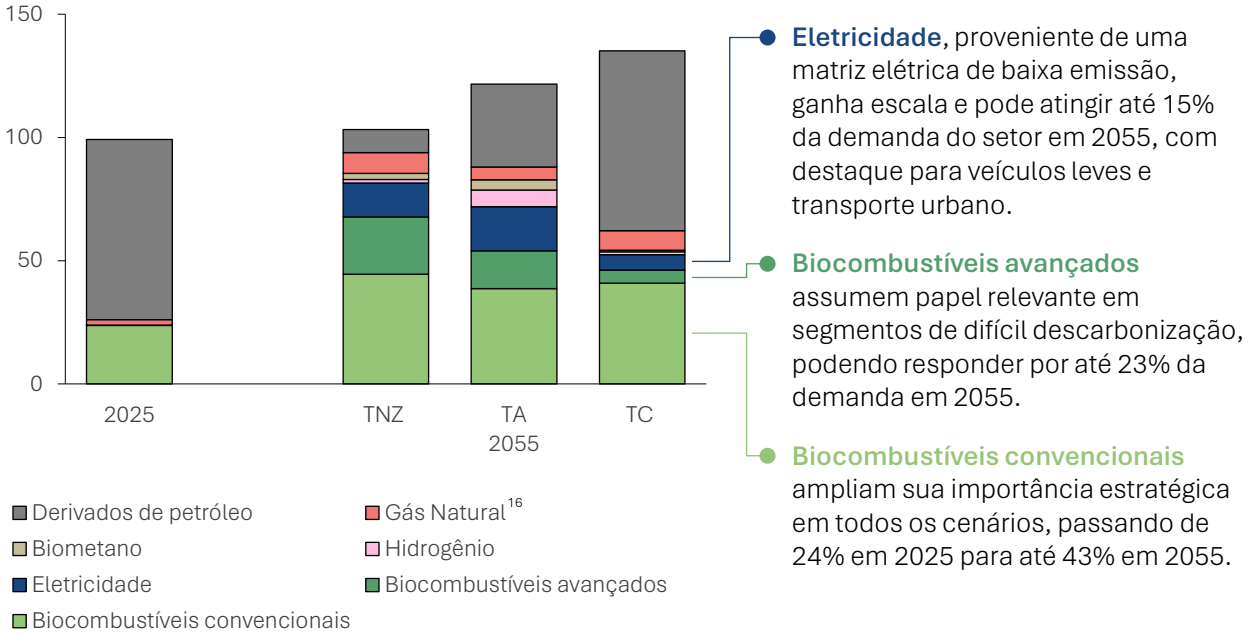
[14] Outras não renováveis incluem gás de coqueria e resíduos não renováveis.
[15] Outras renováveis incluem solar térmica, hidráulica e resíduos renováveis.

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

A 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 parcela expressiva dos combustíveis fósseis no setor de transportes.

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



Eletricidade, proveniente de uma matriz elétrica de baixa emissão, ganha escala e pode atingir até 15% da demanda do setor em 2055, com destaque para veículos leves e transporte urbano.

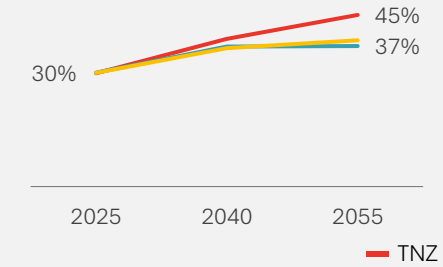
Biocombustíveis avançados assumem papel relevante em segmentos de difícil descarbonização, podendo responder por até 23% da demanda em 2055.

Biocombustíveis convencionais ampliam sua importância estratégica em todos os cenários, passando de 24% em 2025 para até 43% em 2055.

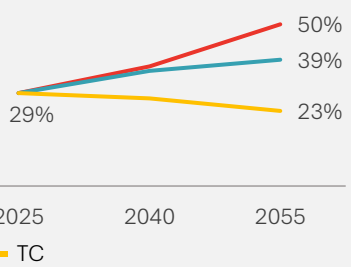
Os ganhos de eficiência também desempenham papel relevante no atendimento da demanda, complementando a descarbonização do setor por meio da redução da intensidade energética e de mudanças estruturais no sistema de transportes.

- 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 decorrem da **migração do transporte individual para o transporte coletivo** – ônibus, metrô, trens e barcas, cuja participação pode alcançar até 50% da atividade total.
- Nesse contexto, a eletrificação se mostra particularmente importante devido à sua elevada 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)





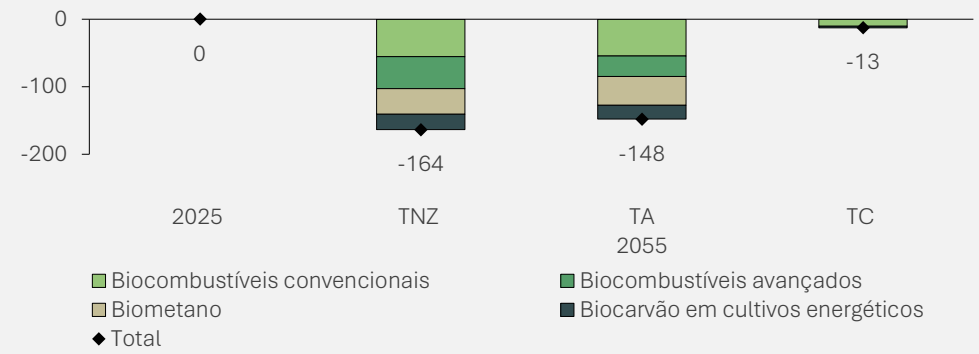
[16] Gás Natural inclui Gás Natural Liquefeito (GNL).

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

A produção de biocombustíveis pode aumentar cerca de cinco vezes ao longo dos próximos 30 anos.

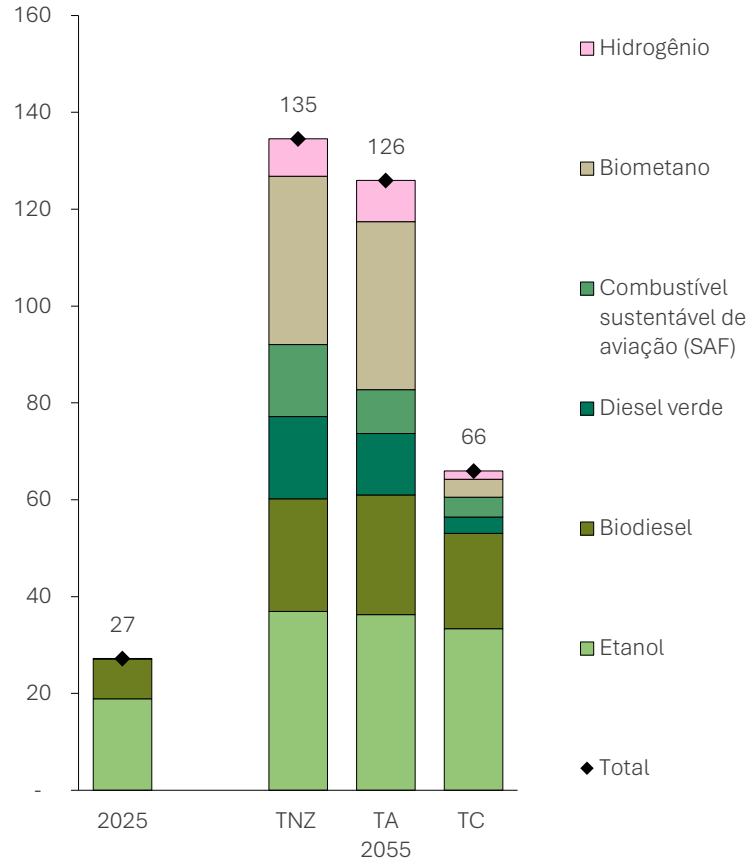
- **A bioenergia desempenha papel estratégico ao garantir diversidade e segurança energética** à matriz nacional. Em 2055, os biocombustíveis podem representar entre 33% e 44% da oferta interna de energia.
- Nesse contexto, **etanol, biodiesel e biometano ampliam sua participação** em diferentes setores da economia, inclusive naqueles de difícil abatimento de emissões. Soma-se a isso a crescente relevância de novos combustíveis de baixo carbono, como **SAF e diesel verde**.
- A produção de bioenergia com captura e armazenamento geológico de carbono (**BECCS**), bem como o **acúmulo de carbono no solo agrícola por meio de melhores práticas de manejo e da aplicação de biocarvão, além de outras Soluções Baseadas na Natureza (SBN)**, contribuem para a descarbonização dos combustíveis e complementam a substituição de fósseis ao **possibilitar a expansão energética associada a emissões negativas**. Essas soluções se consolidam como instrumentos relevantes para compensar emissões residuais em setores de difícil abatimento.

Remoção de emissões na produção de biocombustíveis ($MtCO_2eq$)



- BECCS na produção de biocombustíveis líquidos (convencionais e avançados) pode remover mais de 100 $MtCO_2eq$.
- BECCS na produção de biometano pode remover até 43 $MtCO_2eq$.
- Biocarvão em cultivos energéticos tem o potencial de remover 23 $MtCO_2eq$.

Produção de biocombustíveis (milhões de tep)

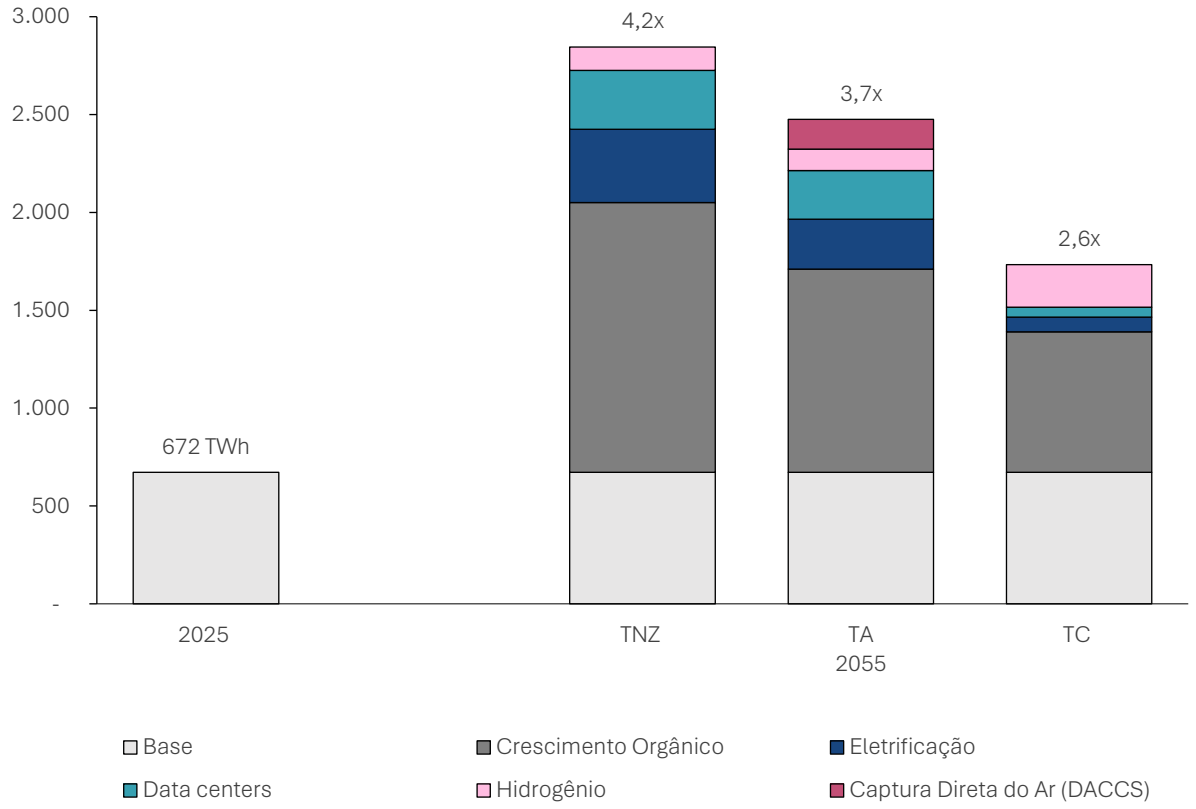


Além do crescimento orgânico, os vetores da transição energética serão determinantes da demanda elétrica no longo prazo

Até 2055, a carga de energia elétrica pode crescer mais de quatro vezes, impulsionada não apenas pelo crescimento orgânico da demanda, mas também pelos vetores associados à transição energética.

- A **eletrificação** nos setores residencial, de transportes e industrial reforça o movimento global de descarbonização, podendo representar **mais da metade dos atuais 672 TWh** de consumo. Por outro lado, esse processo exige um sistema elétrico mais robusto e preparado para acomodar novas cargas e padrões de consumo.
- A **digitalização da economia** emerge como vetor essencial de desenvolvimento, podendo levar o **consumo de eletricidade em *data centers* a até 300 TWh**. No entanto, é o avanço nas camadas de maior valor agregado que permitirá ao Brasil transformar sua infraestrutura digital em efetivo vetor de competitividade e inovação.
- A **produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono**, quando realizada por eletrólise, pode gerar impactos relevantes sobre a demanda de eletricidade do País, **podendo alcançar 220 TWh em 2055**. O Brasil dispõe de potencial para o aproveitamento e a integração de diversas rotas tecnológicas de produção de hidrogênio, ampliando as oportunidades de desenvolvimento desse mercado. A criação de hubs permite a coordenação regional e temporal necessária à estruturação de um mercado de hidrogênio, com mitigação das restrições de acesso à infraestrutura.
- A depender da trajetória de transição energética, tecnologias de **remoção de carbono da atmosfera** podem se tornar necessárias, com potencial de consumir até **150 TWh** em 2055.

Composição da carga de energia elétrica em 2055 (TWh)

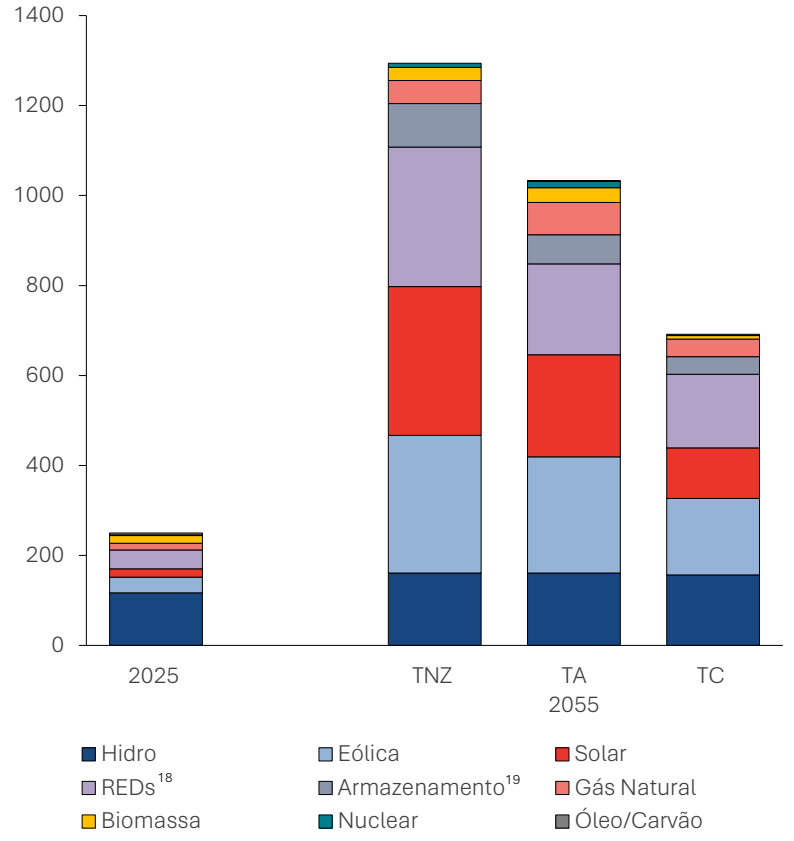


O futuro da matriz elétrica do Brasil combina baixa emissão e robustez operacional

A capacidade instalada total do setor elétrico pode aumentar em até cinco vezes entre 2025 e 2055.

- A **crescente participação de fontes renováveis**, especialmente eólica e solar, e dos Recursos Energéticos Distribuídos (RED) constitui uma tendência na evolução da matriz elétrica brasileira até 2055. Em conjunto com a geração hidrelétrica, essas fontes podem representar até **88% da capacidade instalada total da matriz elétrica.**
- **O protagonismo do consumidor** também se intensifica ao longo do período. Os REDs podem alcançar cerca de **25% da capacidade instalada total do sistema elétrico,** contemplando recursos descentralizados tanto de oferta quanto de flexibilidade. Nesse contexto, a **Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) pode atingir até 287 GW**, enquanto a **resposta da demanda (RD) pode alcançar até 23 GW.**
- Apesar da redução de sua participação relativa na matriz elétrica, a **fonte hidráulica mantém papel estratégico**. A modernização do parque existente e a viabilização de novos potenciais, inclusive por meio de Usinas Hidrelétricas Reversíveis (UHR), podem resultar em **acréscimo de até 72 GW de capacidade instalada até 2055.**
- Com a evolução da composição da matriz elétrica, **tanto as hidrelétricas quanto a geração térmica flexível a gás natural desempenham papel no equilíbrio entre oferta e demanda**, agregando resiliência e capacidade operativa ao SIN.
- Em linha com diferentes níveis de ambição climática, projeta-se a viabilização de **até 14 GW de capacidade nuclear**, incluindo Pequenos Reatores Nucleares Modulares (SMR), além de **térmicas a gás natural com captura e armazenamento de carbono (CCS), que podem alcançar até 36 GW** e representar até 50% da oferta térmica a gás natural**.**
- O **armazenamento** (tanto centralizado quanto distribuído) desempenha papel fundamental no **gerenciamento dos excedentes de geração renovável e no atendimento das necessidades de potência e flexibilidade do SIN,** incluindo soluções como baterias e UHRs.

Capacidade instalada total do sistema elétrico em 2055 (GW)[17]

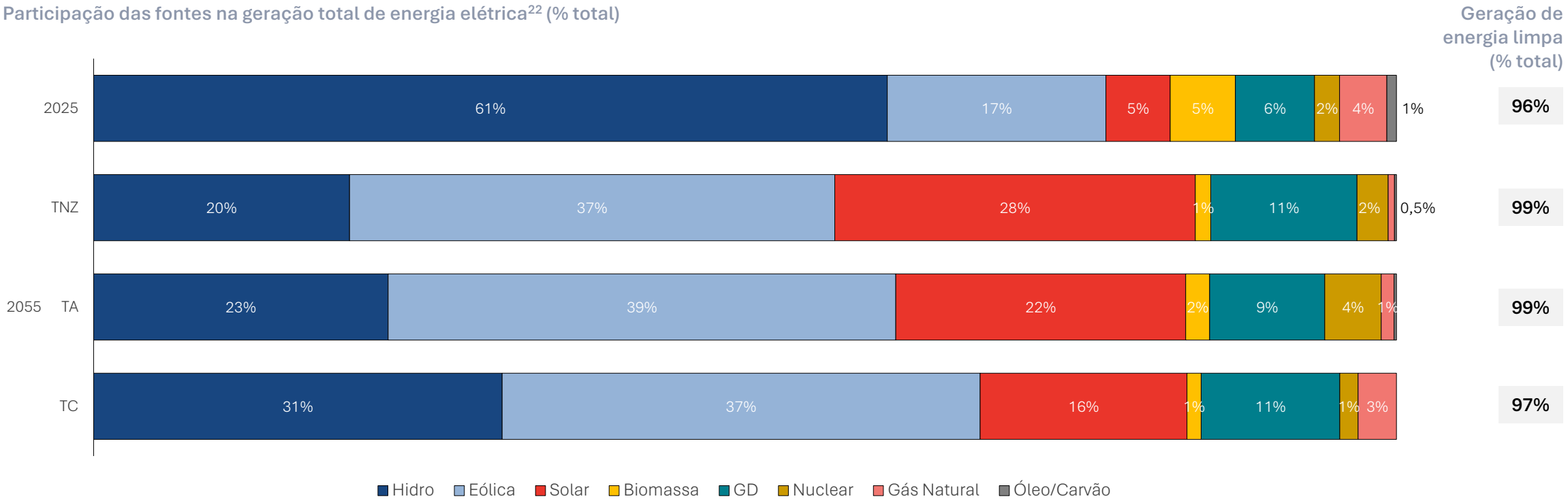


[17] Não considera autoprodução e sistemas isolados.
[18] REDs incluem resposta da demanda e geração distribuída.
[19] Armazenamento inclui baterias e usinas hidrelétricas reversíveis.

Todos os cenários apontam que a matriz elétrica brasileira terá alta participação de energias limpas

Em 2025, a geração de energia elétrica é de aproximadamente 726 TWh[20]. Até 2055, o volume anual gerado pode alcançar patamares entre duas e quatro vezes superiores aos registrados em 2025. A participação de energias limpas na geração de energia elétrica pode variar entre 97% e 99% em 2055[21], ante 96% em 2025.

Participação das fontes na geração total de energia elétrica[22] (% total)



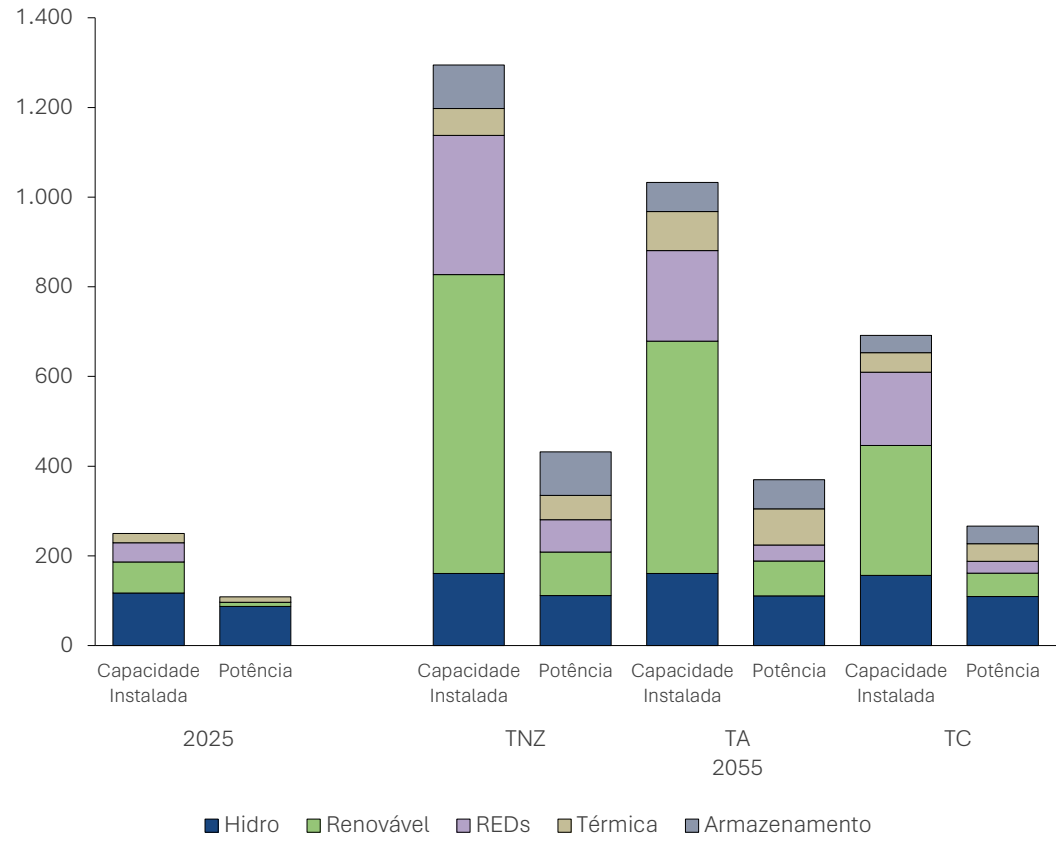
[20] A geração centralizada atende tanto ao consumo advindo da rede quanto às perdas totais (técnicas e não técnicas).
[21] A geração anual de energia elétrica proveniente de energia limpa supera 97% em todos os cenários avaliados (inclui nuclear).
[22] Os valores no gráfico não consideram autoprodução e sistemas isolados. Os percentuais de participação podem não somar 100% em função de arredondamento.

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 contínuos aprimoramentos do arcabouço regulatório e dos modelos de negócio, de modo a atender, de forma custo-eficiente, aos requisitos operativos do sistema – potência, energia, flexibilidade, confiabilidade e novos serviços.

- Em 2025, as hidrelétricas respondem por cerca de 80% da disponibilidade de potência do sistema, totalizando aproximadamente 87 GW. As fontes renováveis[23] contribuem com cerca de 9 GW, enquanto as térmicas complementam o balanço com aproximadamente 12 GW.
- Em 2055, **as hidrelétricas continuam desempenhando papel central no atendimento aos requisitos de potência**, com disponibilidades entre 109 GW e 112 GW. As **térmicas flexíveis passam a operar predominantemente como recurso de complementação de potência**, podendo disponibilizar entre 39 GW e 54 GW.
- O **armazenamento[24] centralizado também assume papel relevante** nesse contexto, ao gerenciar excedentes de geração renovável e fornecer entre 39 GW e 97 GW de potência disponível, incluindo as UHRs.
- Os **REDs[25] ampliam sua contribuição para o equilíbrio entre oferta e demanda de potência, podendo disponibilizar entre 26 GW e 72 GW**. Essa contribuição é composta por mecanismos de Resposta da Demanda – apoiados por modalidades de contratação direta, além de aprimoramento dos sinais de preços e das tarifas das distintas classes de consumo – e por baterias instaladas em residências, comércios e indústrias.
- As **fontes renováveis também podem contribuir de forma significativa para a disponibilidade de potência do sistema**, com valores entre 52 GW e 97 GW, correspondentes a aproximadamente 15% de sua capacidade instalada total.

Participação das fontes na capacidade instalada e disponibilidade de potência[26] (GW)



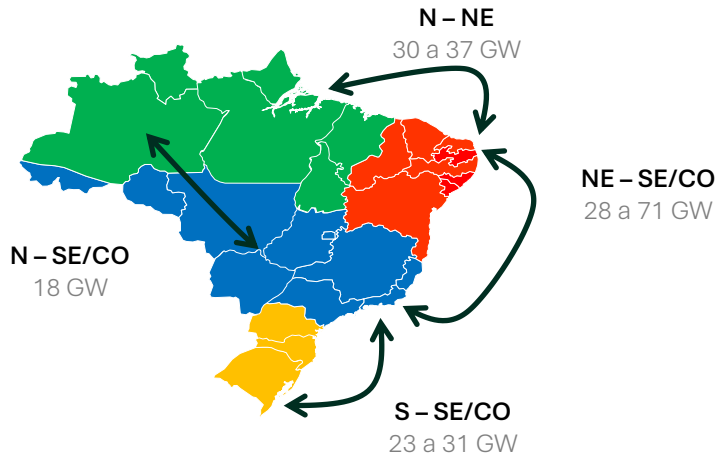
[23] Renováveis incluem eólica, solar e biomassa.
[24] Armazenamento inclui baterias e usinas hidrelétricas reversíveis.
[25] REDs incluem resposta da demanda e geração distribuída associada a baterias atrás do medidor.
[26] Não considera autoprodução e sistemas isolados.

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

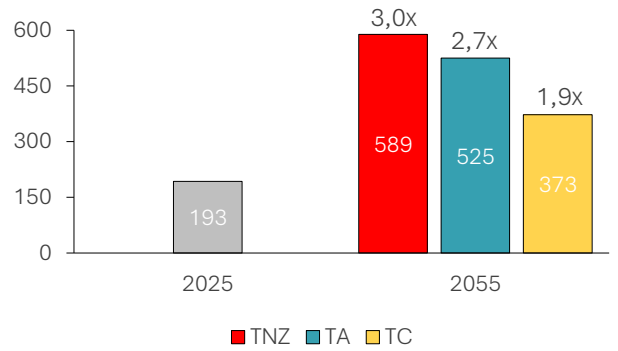
O crescimento do sistema de transmissão pode ser impulsionado tanto pela expansão das interligações regionais – especialmente com a Região Nordeste – quanto pelo reforço das redes locais, que tendem a ser fundamentais para garantir a segurança operativa e a integração regional. Nesse contexto, a infraestrutura de transmissão pode alcançar dimensões até três vezes superiores às observadas em 2025.

- Em todos os cenários avaliados, **a transmissão se consolida como elemento estratégico para a viabilização da transição energética**. Além da ampliação da capacidade instalada, sua evolução demanda a **inserção de novas tecnologias de transmissão e de soluções de armazenamento, de modo a fortalecer a confiabilidade, a resiliência e a controlabilidade da rede** diante da crescente expansão da geração eólica e solar**.**
- Até 2055, **a extensão das linhas de transmissão** pode aumentar entre 180 mil km e 390 mil km, levando o Sistema Interligado Nacional (SIN) a **atingir dimensões equivalentes a duas a três vezes as atuais**.
- A **capacidade de transformação**, por sua vez, pode crescer entre 330 GVA e 800 GVA, elevando a capacidade total instalada do SIN para um patamar entre **1,7 e 2,7 vezes superior ao de 2025.**

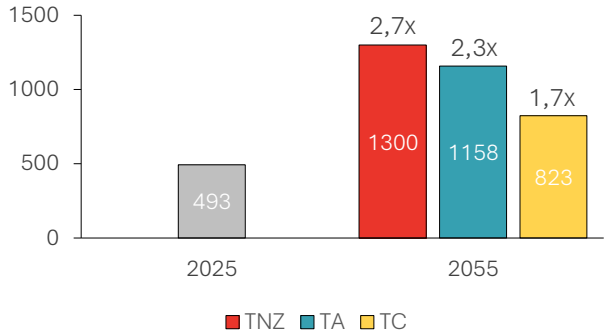
Estimativa da capacidade das interligações regionais em 2055 (GW)



Evolução da extensão de linhas de transmissão (mil km)



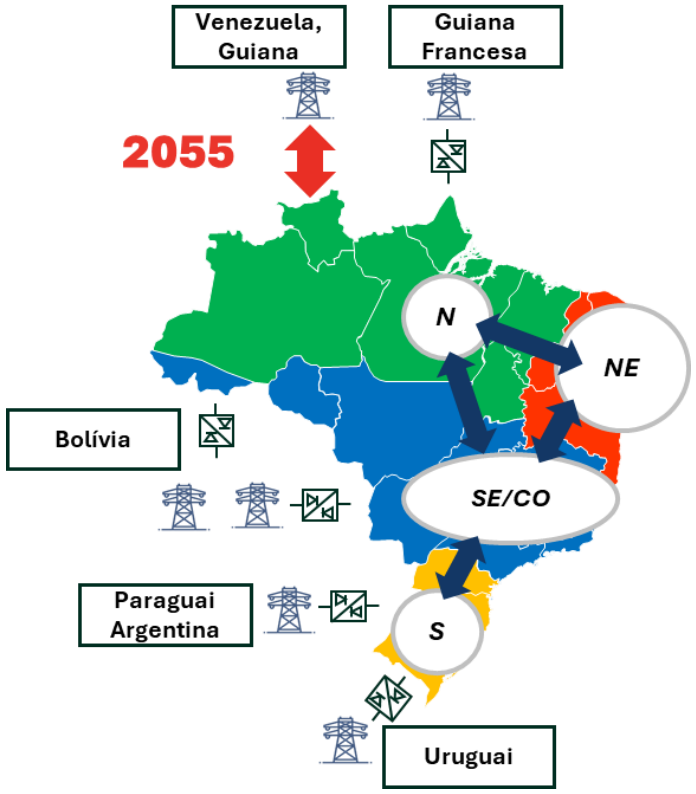
Evolução da capacidade instalada de transformação (GVA)



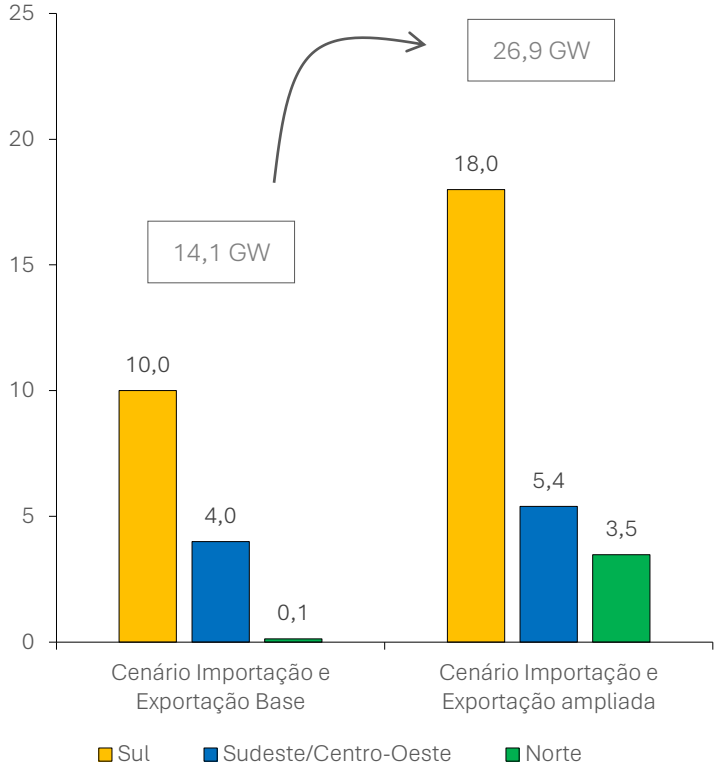
A ampliação da cooperação com países vizinhos se mostra estratégica para aumentar a segurança energética e os esforços de descarbonização

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

- A **exportação de energia para países vizinhos**, especialmente aqueles conectados às regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, **permite explorar sinergias regionais e ampliar a segurança de suprimento** diante de cenários mais adversos para a geração renovável.
- Nesse contexto, a capacidade de interligação internacional pode alcançar cerca de 14 GW, viabilizando **maior integração energética da América do Sul**. Essa infraestrutura pode ser utilizada para exportar excedentes renováveis ou energia proveniente de usinas termelétricas não despachadas para atendimento ao mercado interno.
- Caso a exportação de excedentes renováveis produzidos na Região Nordeste se mostre economicamente atrativa (representada no gráfico ao lado como 'Cenário Importação e Exportação ampliada'), **a capacidade das interligações internacionais pode dobrar até 2055**, exigindo a expansão tanto das interligações internacionais quanto das conexões internas necessárias ao escoamento dessa energia.



Estimativa da capacidade das interligações internacionais em 2055 (GW)

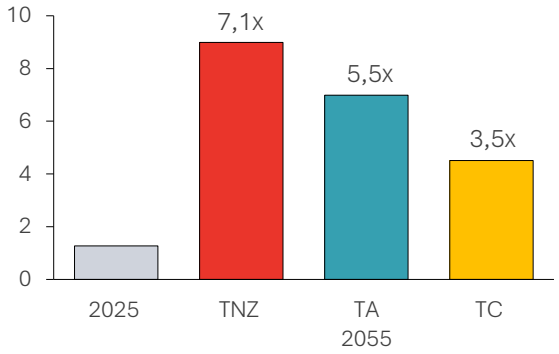


A transição energética brasileira ampliará de forma expressiva a demanda por minerais críticos, abrindo oportunidades para o adensamento de cadeias no País

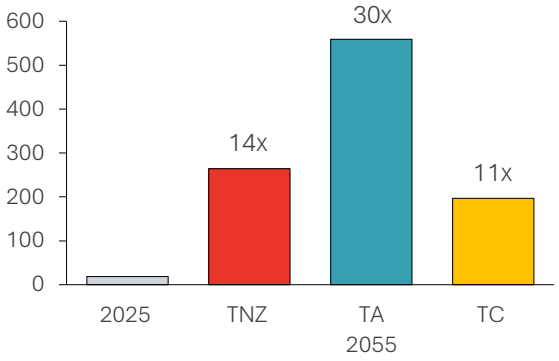
A transição energética avança principalmente por meio da eletrificação, tornando-se intensiva no uso de minerais estratégicos. A expansão de fontes renováveis na geração elétrica, como solar e eólica, é mais intensiva em uso de minerais quando comparada às tecnologias convencionais. Da mesma forma, a eletromobilidade depende fortemente de baterias intensivas em lítio, grafite e outros minerais. 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 fabricação de componentes industriais.

- As **cadeias globais de minerais estratégicos –** essenciais para a geração elétrica, baterias e motores elétricos – apresentam **elevada vulnerabilidade de suprimento em razão da forte concentração geográfica e industrial** ao longo de suas etapas produtivas. Essa configuração amplia riscos relacionados à disponibilidade, aos custos, ao ritmo de difusão tecnológica e à resiliência do sistema energético nacional.
- Nesse contexto, o Brasil apresenta **oportunidades estratégicas** decorrentes de sua elevada **diversidade geológica** e da presença de **reservas** relevantes de minerais, como **grafita** e **terras raras** – ainda com cadeia produtiva incipiente, além do **urânio**, cuja cadeia já se encontra estruturada no País. O avanço das atividades de **transformação mineral em território nacional** pode ampliar a captura de valor em segmentos associados a motores elétricos, baterias e equipamentos de geração renovável, fortalecendo a indústria nacional e ampliando sua inserção nas cadeias globais de valor.
- Na **matriz elétrica**, por exemplo, o aumento da demanda por minerais estratégicos é impulsionado principalmente pela expansão da **energia solar e eólica**. Destacam-se o **silício**, utilizado em painéis fotovoltaicos, e o **zinco e as terras raras**, empregados em aerogeradores, especialmente nos cenários de maior participação de fontes renováveis. O **cobre** também assume papel transversal, sendo amplamente utilizado em diversas tecnologias de geração e em sistemas elétricos auxiliares. Além disso, a expansão física da rede eleva a demanda por **aço** e **alumínio**, utilizados principalmente em torres e cabos de transmissão.
- Na **mobilidade elétrica,** a **eletrificação da frota** constitui o principal vetor de crescimento da demanda por minerais estratégicos, especialmente nos cenários de maior difusão de veículos elétricos e de elevada intensidade material das baterias. **Esse movimento é reforçado pela expansão do uso de motores elétricos de alto desempenho, cuja produção depende de capacidades industriais de transformação mineral atualmente concentradas no exterior.**

Minerais estratégicos na geração de energia elétrica (milhões de toneladas)



Minerais estratégicos em baterias para eletromobilidade (mil toneladas)

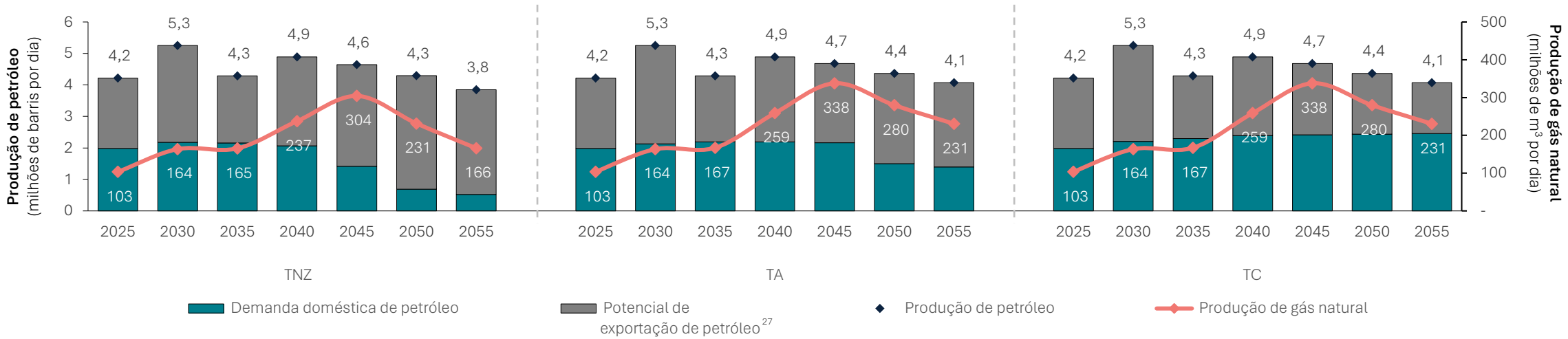


A produção de petróleo e gás natural seguirá relevante e poderá passar por transformações significativas nas próximas décadas

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 associados à transição energética. Para tanto, a manutenção de uma baixa intensidade de carbono na produção se mostra fundamental para preservar a competitividade do petróleo brasileiro no mercado internacional.

- A **produção nacional de petróleo pode atingir pico de 5,3 milhões b/d em 2030** e alcançar, no longo prazo, níveis inferiores aos de 2025, refletindo a **redução gradual do papel dos combustíveis fósseis sem prejuízo à segurança energética nacional**. Embora a demanda por petróleo possa declinar, a demanda por gás natural tende a crescer. Como a maior parte da produção nacional de gás é associada ao petróleo, a redução da produção petrolífera no longo prazo ocorre em magnitude inferior à observada para a demanda de petróleo.
- A **indústria de óleo e gás desempenha papel estratégico no desenvolvimento econômico do País**. No comércio internacional, o óleo brasileiro apresenta condições para manter elevada competitividade, **combinando custos eficientes de produção com baixa intensidade de carbono** nas atividades de exploração e produção. Nesse contexto, as receitas geradas pelo setor podem constituir importante instrumento de financiamento da transição energética, contribuindo para acelerar transformações econômicas, tecnológicas e sociais.

Produção nacional de petróleo e gás natural



[27] O potencial de exportação apresentado deve ser interpretado à luz das condições do mercado internacional, podendo variar conforme a evolução da demanda global por petróleo, dos preços internacionais e do ritmo da transição energética no mundo.

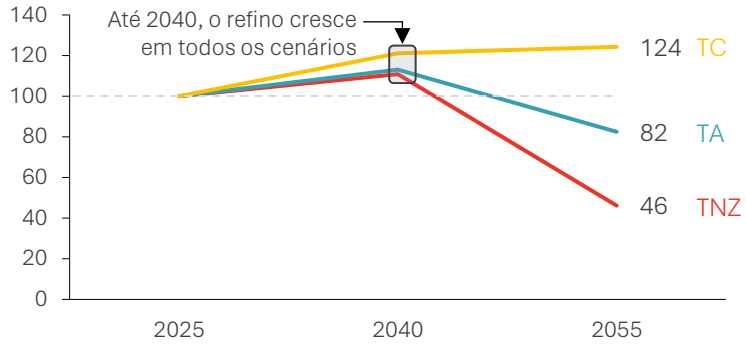
Refino nacional permanece como um dos pilares da segurança energética, com crescente participação de matérias-primas renováveis

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. A demanda pode atingir um pico na década de 2030 e declinar gradualmente ou, alternativamente, expandir-se em até 10% até 2055.

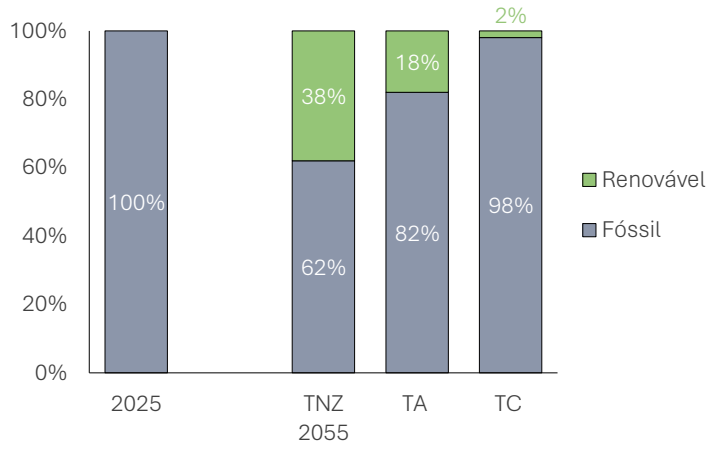
- A demanda por GLP e usos não energéticos (como etano e nafta para a petroquímica, lubrificantes e asfaltos) mostra-se mais resiliente no longo prazo do que a demanda por gasolina e querosene de aviação (QAV).
- Nesse contexto, **a manutenção do refino nacional assume papel estratégico sob as perspectivas de geopolítica e de 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 e econômica, fontes de financiamento, ações de regulação e integração às políticas de descarbonização, de modo a preservar sua sustentabilidade econômica em um contexto de transformação do sistema energético.
- A composição da carga processada também 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 de matérias-primas fósseis e renováveis.
- Essa parcela renovável da carga incorpora diferentes rotas tecnológicas, incluindo coprocessamento, *retrofit* de unidades existentes de hidrotratamento (HDT) e de craqueamento catalítico (FCC) para hidrogenação de insumos renováveis, além de implantação de novas unidades de hidroprocessamento de ésteres e ácidos graxos (HEFA) integradas às refinarias.
- **A incorporação dessas matérias-primas contribui para prolongar a vida útil dos ativos de refino**, reduzir riscos de ociosidade estrutural e ampliar oportunidades de geração de valor.
- Adicionalmente, 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.

[28] Não inclui gás de refinaria.

Produção das refinarias brasileiras (2025 = base 100)



Produção das refinarias brasileiras por origem da matéria-prima[28] (% do total)

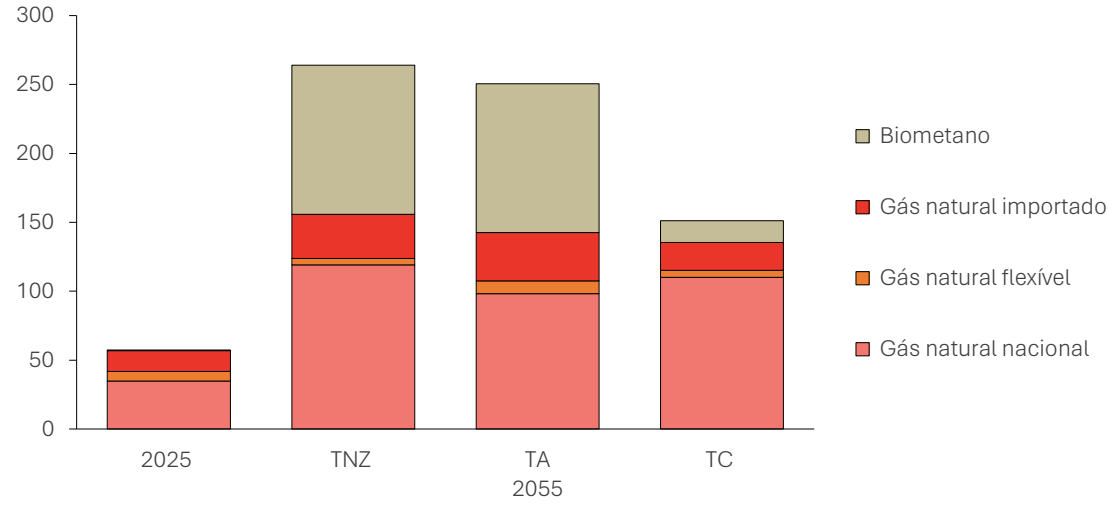


O gás natural e o biometano são relevantes para a transição energética nacional

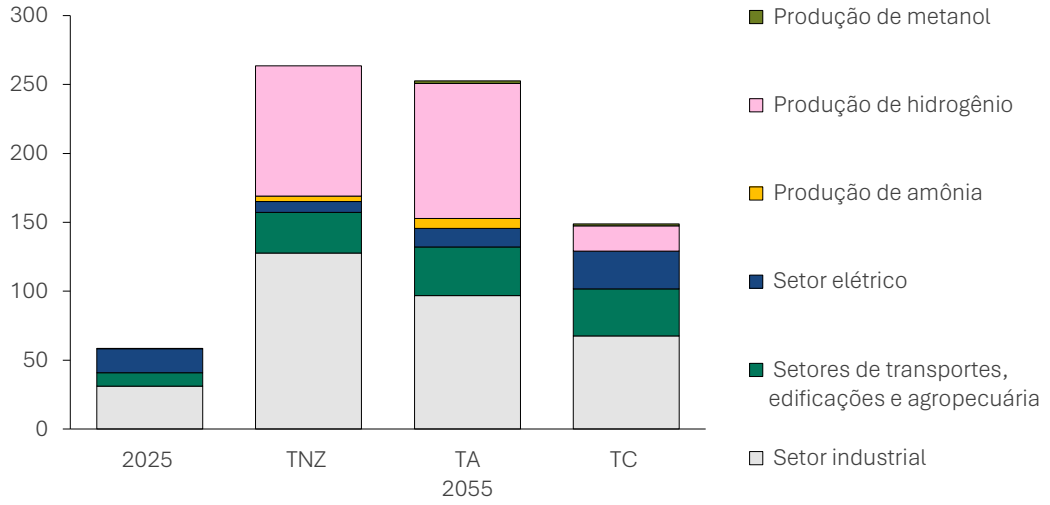
O gás natural e o biometano desempenham papel relevante na transição energética brasileira, com consumo podendo crescer entre 2,5 e 4,5 vezes em relação a 2025. O biometano se destaca pelo elevado potencial de inserção, configurando-se como alternativa importante para a redução gradual do uso de combustíveis fósseis e o alcance das metas climáticas. O compartilhamento das infraestruturas de transporte e distribuição favorece a inserção do gás renovável na malha e o atendimento a novos mercados.

- A concretização dessa expansão demanda investimentos contínuos. No caso da geração elétrica, ganha importância o desenvolvimento de **modelos de negócio voltados ao suprimento flexível de gás natural**, capazes de atender às necessidades de potência e flexibilidade do sistema. A **integração gasífera** entre Brasil, Argentina e Bolívia também se intensifica, reforçando a relevância dos investimentos em infraestrutura.
- O crescimento da demanda decorre principalmente da ampliação do uso do gás natural e do biometano na **indústria, na produção de hidrogênio e no setor de transportes**. Destacam-se os segmentos siderúrgico, por meio da substituição do carvão mineral, e químico. Adicionalmente, a **produção de hidrogênio e amônia** a partir de gás natural e biometano pode contribuir para reduzir a dependência externa de fertilizantes, insumo estratégico do setor agropecuário.

Oferta de gás natural e biometano (milhões m^3/d)



Demanda de gás natural e biometano (milhões m^3/d)



A oferta interna de energia pode dobrar 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.

- Nos cenários quantificados, **os derivados de petróleo reduzem sua participação relativa na matriz energética**, principalmente em função das transformações observadas no setor de transportes. Já o gás natural mantém papel relevante na matriz, com aplicações em diversos setores da economia.
- Os cenários também apontam para uma **expansão expressiva da participação das fontes eólica e solar na geração elétrica, bem como da biomassa** na produção de biocombustíveis e no consumo industrial.

Participação das fontes na oferta interna de energia (% total)

		Biomassa	Hidráulica	Eólica	Solar	Petróleo	Gás natural	Carvão	Urânio	% Renováveis
	2025	34%	11%	3%	2%	36%	8%	4%	1%	51%
2055	TNZ	44%	7%	14%	16%	5%	8%	3%	3%	81%
	TA	41%	8%	13%	11%	12%	8%	2%	5%	73%
	TC	33%	9%	11%	9%	25%	9%	3%	1%	61%

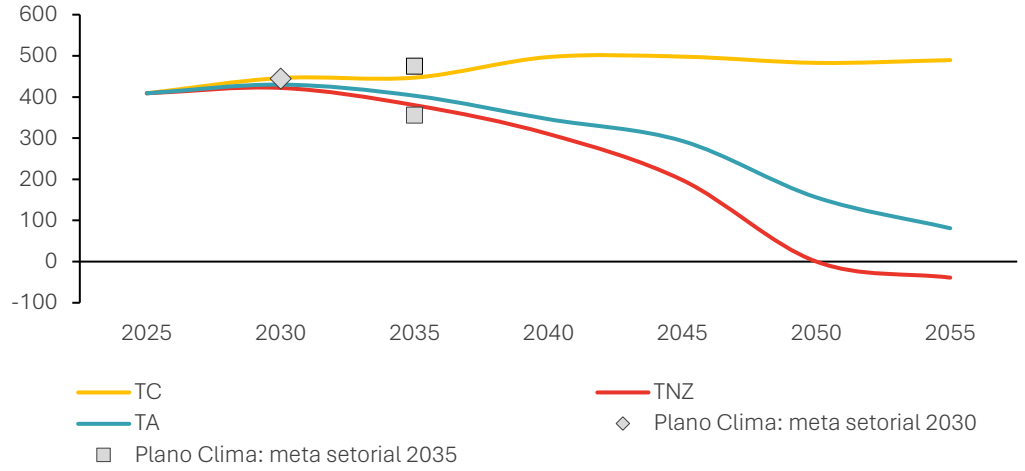
Nota: Os percentuais de participação podem não somar 100% em função de arredondamento.

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

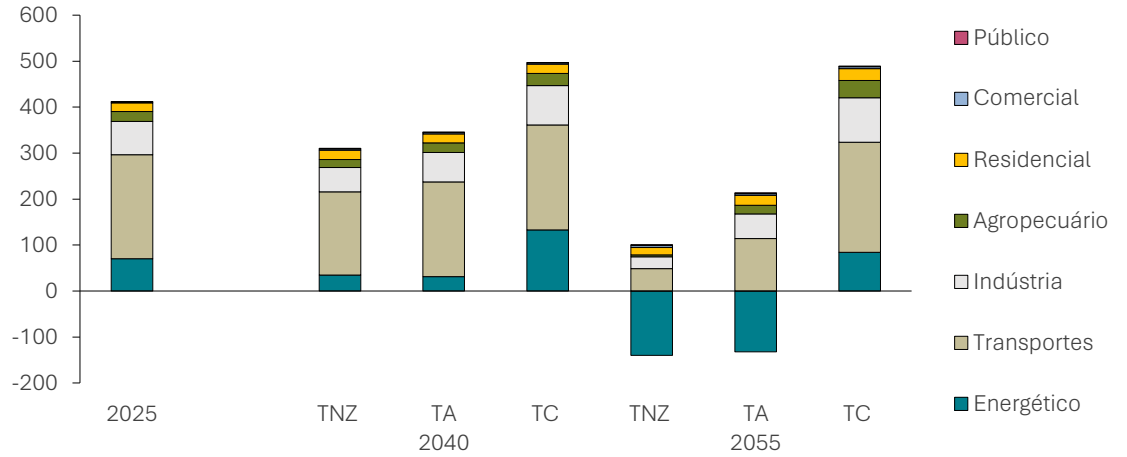
O setor de energia pode apresentar diferentes níveis de esforço para contribuir para o alcance das metas da NDC brasileira, em especial a de emissões líquidas zero de gases de efeito estufa (GEE) para a economia como um todo até 2050.

- As **políticas atualmente vigentes são relevantes para manter o protagonismo do setor na mitigação das emissões associadas tanto à produção quanto ao uso de energia.** Entretanto, o alcance da meta climática nacional de longo prazo[29] demanda incentivos adicionais à bioenergia e investimentos na cadeia de inovação, voltados à implementação de tecnologias-chave para a descarbonização.
- **O potencial de redução de emissões no uso final da energia é expressivo**, especialmente no setor de transportes. Essa redução decorre não apenas da substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis (convencionais e avançados), eletricidade e hidrogênio, mas também dos ganhos de eficiência energética ao longo do sistema.

Emissões líquidas e metas de emissões de GEE[30] do setor de energia (milhões de toneladas de CO_2 equivalente)



Emissões líquidas de GEE da combustão de energia por setor (milhões de toneladas de CO_2 equivalente)



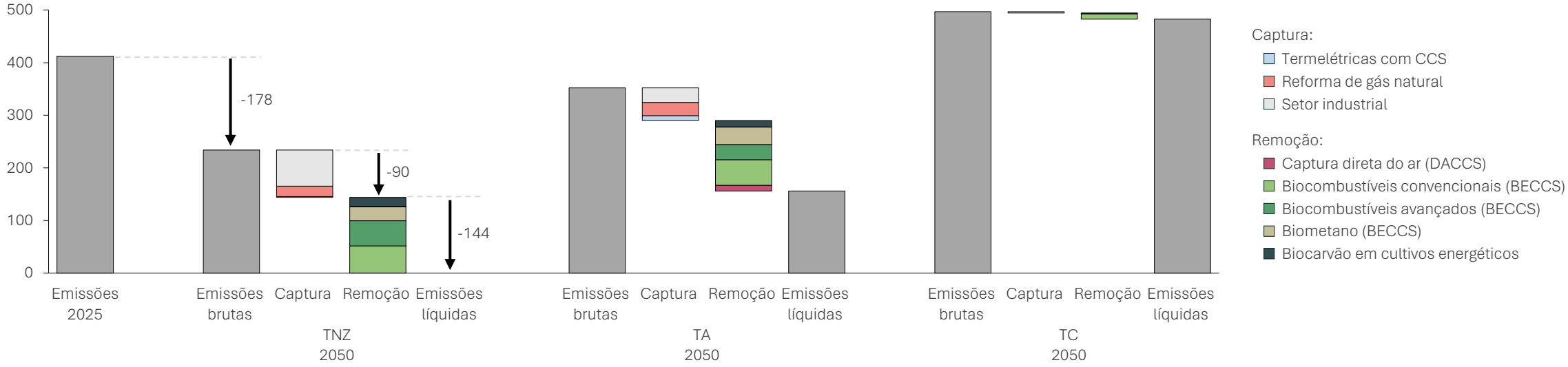
[29] Com a plena implementação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) – não incorporada neste estudo – são esperadas alterações nos custos relativos entre tecnologias e rotas energéticas, incentivando as menos emissoras, bem como receitas governamentais que podem ser alocadas para acelerar a transição energética.
[30] 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.

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 alcance da meta climática de longo prazo por meio da substituição gradual de combustíveis fósseis, de ganhos de eficiência energética e da adoção de novas tecnologias de descarbonização.

- A mitigação de emissões associada à substituição de combustíveis fósseis e à eficiência energética pode alcançar até 178 $MtCO_2eq$ em 2050, em relação às emissões líquidas observadas em 2025. A esse potencial somam-se tecnologias de captura e armazenamento de carbono aplicadas ao setor industrial, à reforma do gás natural para produção de hidrogênio e à geração termelétrica, com potencial adicional de redução de até 90 $MtCO_2eq$.
- Destaca-se, ainda, o potencial de remoção de carbono por meio de tecnologias como BECCS, uso de biocarvão em cultivos energéticos[31] e Captura e Armazenamento de Carbono Direto do Ar (DACCS), que podem remover da atmosfera até 144 $MtCO_2eq$ em 2050. De forma complementar, o setor de energia também pode investir em Soluções Baseadas na Natureza (SBN) para compensar parte de suas emissões.

Emissões líquidas de GEE do setor de energia (milhões de toneladas de CO_2 equivalente)



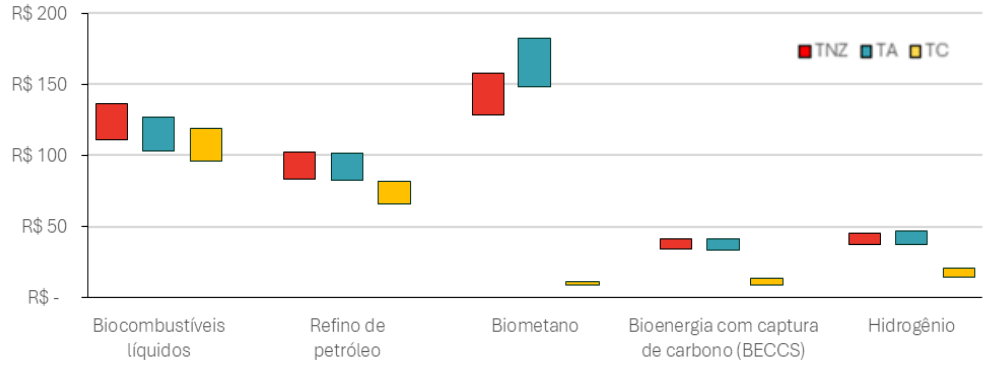
[31] O potencial apresentado não contempla o acúmulo adicional de carbono no solo decorrente de melhores práticas agrícolas, em razão de limitações metodológicas existentes.

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

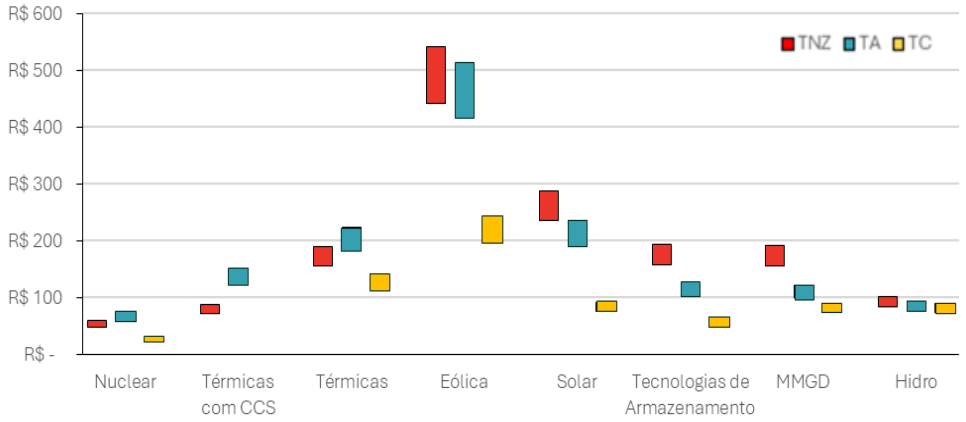
O investimento é fundamental para o desenvolvimento econômico, pois, além de ampliar a capacidade produtiva da economia, contribui para a geração de empregos e o estímulo à inovação.

- **A bioenergia se destaca como parte relevante das soluções de descarbonização no contexto de transição energética brasileira**, mobilizando investimentos que podem alcançar aproximadamente **R$ 300 bilhões**[32] **até 2055**. Uma cadeia de bioenergia consolidada também pode contribuir para a redução dos custos de tecnologias de captura e armazenamento de carbono no País, especialmente em rotas associadas a biocombustíveis convencionais, biocombustíveis avançados[33] e biometano. Nesse contexto, **os investimentos em BECCS**[34] **podem alcançar cerca de R$ 40 bilhões no longo prazo**.
- **Os investimentos destinados à expansão da matriz elétrica assumem dimensão ainda mais expressiva**, variando conforme o crescimento da carga e o nível de ambição climática dos cenários. No conjunto, podem alcançar **até R$ 2 trilhões até 2055**. Embora as tecnologias tradicionais de geração permaneçam relevantes, a participação de tecnologias emergentes[35] – ainda incipientes na matriz nacional – cresce de forma significativa, podendo representar entre 10% e 30% dos investimentos necessários em geração de energia.

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



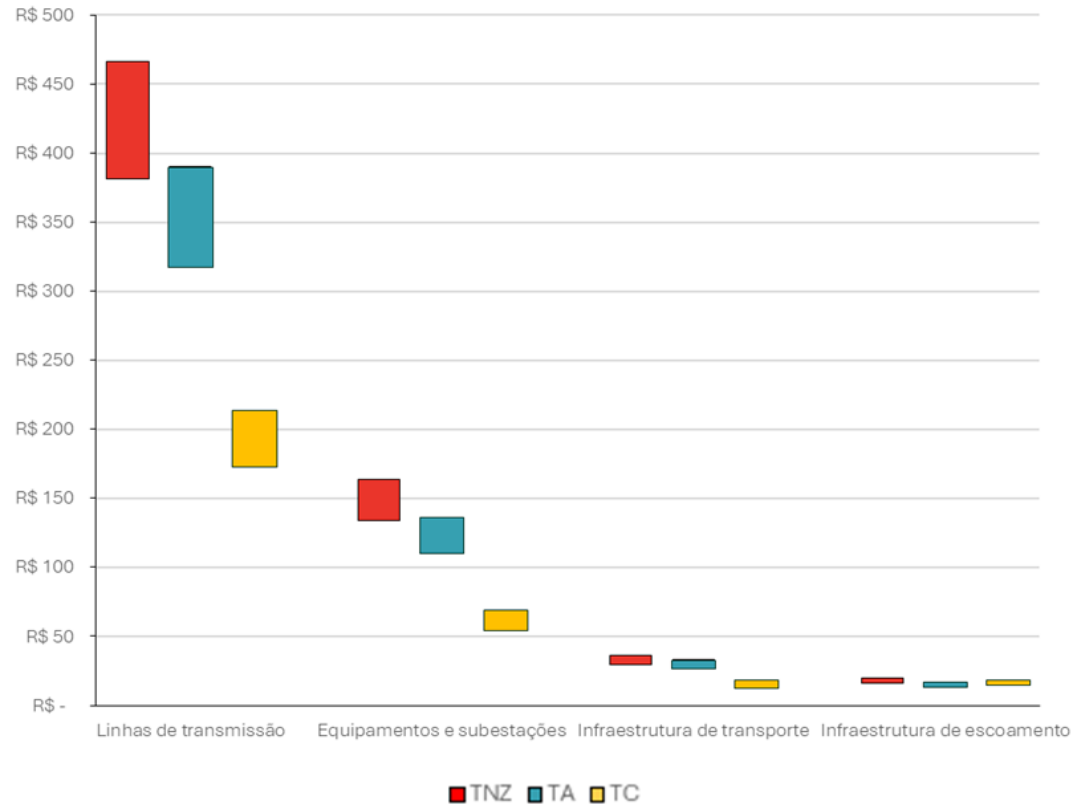
Investimentos na geração de eletricidade (R$ bilhões)



[32] O montante dos investimentos foi trazido a valor presente, com base monetária em 2025, considerando uma taxa de desconto de 8% a.a.
[33] Uma parcela de investimentos em biocombustíveis avançados está alocada em projetos de *retrofit* de refinarias de petróleo.
[34] Bioenergia com captura de carbono (BECCS) contempla apenas investimentos de captura e não considera investimentos para transporte e armazenamento.
[35] Eólica offshore, solar flutuante, térmicas com CCS, baterias (inclusive atrás do medidor), usinas hidrelétricas reversíveis, resposta da demanda e SMR foram considerados como tecnologias emergentes no mercado nacional, para fins da consolidação de investimentos. Demais opções, inclusive relacionadas à MMGD, foram consideradas como tecnologias tradicionais.

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

Investimentos em infraestruturas do setor energético[36] (R$ bilhões)



Os investimentos em infraestrutura de gás natural e transmissão de energia fortalecem a segurança energética do Brasil, tornando o sistema mais resiliente a eventos climáticos e mais preparado para os desafios do futuro. A garantia da segurança energética constitui condição essencial para o alcance dos objetivos da transição energética.

- **A expansão da infraestrutura de transmissão pode mobilizar investimentos de até cerca de R$ 600 bilhões no longo prazo.** Investimentos proativos em transmissão são fundamentais para o fortalecimento do sistema elétrico, especialmente por meio da ampliação das interligações regionais e intrarregionais e da incorporação de tecnologias avançadas, contribuindo para elevar a resiliência e a confiabilidade da rede.
- **Integrada à diversificação da matriz de geração e à inserção de sistemas de armazenamento, a expansão da transmissão contribui significativamente para o aumento da segurança energética e da flexibilidade operativa**. Essa evolução permite ao sistema lidar de forma mais eficiente com a crescente participação de fontes variáveis, com os impactos de eventos climáticos extremos e com o surgimento de novas demandas com perfis distintos dos atuais.
- Com papel relevante na transição energética brasileira, **a expansão da infraestrutura de transporte e escoamento de gás natural pode estimular investimentos de até R$ 50 bilhões até 2055**, além de viabilizar a ampliação da oferta de biometano em sinergia com a infraestrutura de gás natural. A expansão de infraestruturas interligadas e resilientes contribui para atender ao crescimento da demanda industrial, consolidar mercados em localidades ainda não atendidas e apoiar o alcance das metas climáticas.

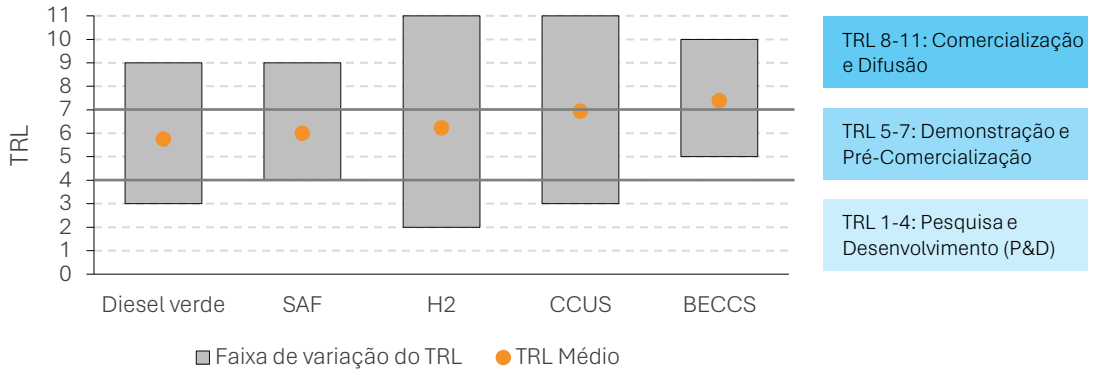
[36] Estimativas realizadas a partir dos dados obtidos dos exercícios quantitativos.

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

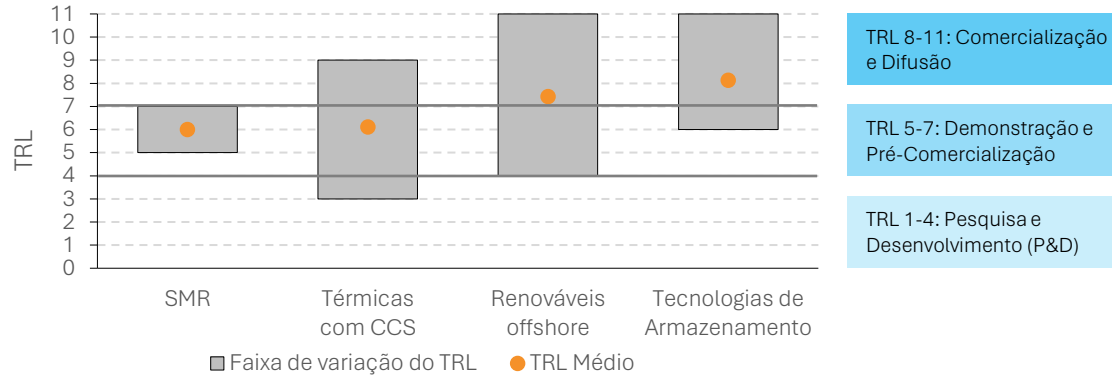
A inserção de tecnologias emergentes no contexto brasileiro requer políticas públicas capazes de acelerar sua difusão, ampliar a escala das soluções e viabilizar sua adoção em bases econômicas no médio prazo. Para isso, é fundamental desenvolver mercados no Brasil e no exterior, além de fortalecer a cooperação com países que compartilhem interesses tecnológicos convergentes, em um contexto de crescente competição internacional.

- O mapeamento realizado[37] indica que as principais tecnologias emergentes já superaram a etapa puramente experimental, mas ainda precisam **comprovar desempenho e competitividade em escala comercial**, com redução de custos e consolidação de cadeias de suprimento, infraestrutura e marcos regulatórios. Esse diagnóstico evidencia a necessidade **de instrumentos de mitigação de riscos e de estímulo à demonstração e ao escalonamento tecnológico**, combinando mecanismos voltados à viabilização de projetos "first-of-a-kind" com iniciativas de **desenvolvimento de mercado** e aceleração da difusão das soluções mais maduras.
- O **Combustível do Futuro** (Lei 14.993/2024) e a **Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono** (Lei 14.949/2024) são exemplos de políticas que atuam nessa direção ao criar sinais de demanda, ampliar a previsibilidade regulatória e combinar instrumentos capazes de destravar investimentos e acelerar o desenvolvimento de mercados.
- Na prática, esses marcos contribuem para reduzir incertezas, incentivar a implantação de infraestrutura e cadeias de suprimento e orientar a inserção gradual de tecnologias emergentes em condições competitivas, favorecendo sua transição da fase de demonstração para a escala comercial.

Nível de maturidade de tecnologias emergentes selecionadas



Nível de maturidade de tecnologias emergentes no setor elétrico



[37] Com base nos cenários do PNE 2055, mapeou-se o nível de maturidade tecnológica (TRL) dos principais grupos tecnológicos associados à 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 (como diesel verde, SAF, hidrogênio, CCUS e BECCS) e 56 tecnologias do setor elétrico (como eólica e solar offshore, SMR, armazenamento e térmicas com CCS).



Rumo a 2055: Recomendações estratégicas

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 identificados, 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 cenários[38]. 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 à 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.

[38] Esta e outras etapas de construção estratégica do PNE 2055 foram realizadas por meio 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, bem como avanços em medição, disponibilização estruturada e tratamento de dados sobre o uso da rede e os perfis de carga.
- **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 instabilidades políticas e ataques cibernéticos, para garantir o suprimento e o acesso à energia elétrica e aos 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 a 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 mecanismos de governança para o 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 à 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 voltadas à redução das desigualdades** sociais, territoriais, de gênero e étnico-raciais no contexto de transição energética.
- **Direcionamento dos recursos oriundos das cadeias energéticas**, especialmente da cadeia 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 arranjos 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, aumento da eficiência operacional e na transformação digital tanto na produção quanto no uso da energia.
- **Promoção da complementaridade 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 gradual 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 técnica, econômica, socioambiental e climática 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-científica voltadas às cadeias da transição energética**, em articulação com as estratégias de desenvolvimento produtivo.
- **Promoção da integração entre fontes, infraestruturas e modelos de negócio**, expandindo sinergias entre as cadeias da transição energética.

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 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 arranjos 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, fortalecendo a posição geopolítica e atraindo investimentos.
- **Fomento à cooperação internacional para a transição energética**, observados os interesses nacionais.

O PNE 2055 evidencia que a transição energética brasileira pode avançar de forma ordenada e equitativa, sustentada por bases técnicas sólidas e alinhada aos objetivos de desenvolvimento sustentável do País

A geopolítica da energia traz novos contornos e possibilidades para o ritmo dessa transição. Nesse contexto, o Brasil se destaca pela sua diversidade de recursos energéticos e por uma matriz cada vez mais descarbonizada, atributos que ampliam suas oportunidades de atuação em um cenário global de descarbonização.

Há amplo espaço para a descarbonização da demanda de energia, especialmente nos setores de difícil abatimento, como transportes e indústria.

Inovação, financiamento e novos modelos de negócio assumem papel central na viabilização de soluções cada vez mais integradas, competitivas, inclusivas e justas.

A erradicação da pobreza energética, a redução das desigualdades e a ampliação da capacidade produtiva e da competitiva das cadeias estratégicas para a transição energética figuram entre os principais desafios do período.

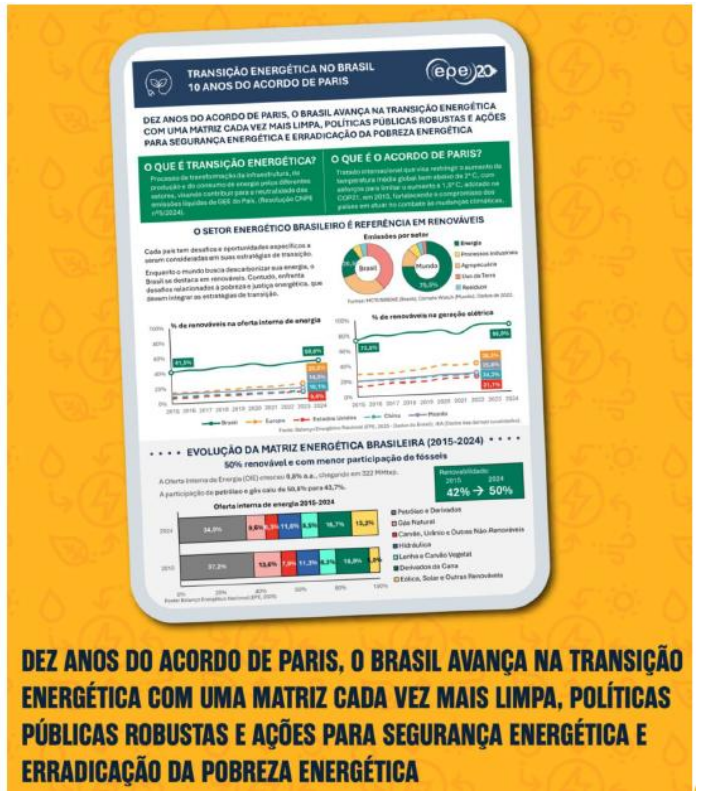
A liderança brasileira pode ser decisiva para o fortalecimento da integração energética regional e para uma inserção internacional estratégica e competitiva do setor energético nacional.

Trilhar este caminho rumo a um futuro energético sustentável no Brasil não será possível sem coordenação de políticas públicas, estabilidade institucional e amplo diálogo com a sociedade.

O Brasil já avança na construção de uma transição energética justa e inclusiva, amparado por políticas públicas vigentes e por iniciativas de inovação

De onde partimos?

Fact Sheet 10 Anos do Acordo de Paris



Fonte: EPE, Fact Sheet 10 Anos do Acordo de Paris.

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

2016
- Aplicação de recursos ao Procel — Lei n° 13.280/2016

2017
- Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) — Lei n° 13.576/2017

2018
- Rota 2030 — Decreto n° 9.557/2018

2020
- Regulamentação de limites de queima e perdas de gás natural no E&P — Resolução ANP n° 806/2020
- PDI para Transição Energética — Resolução CNPE n° 2/2021

2021
- Programa de Transição Energética Justa (TEJ) — Lei n° 14.299/2022
- Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano e Programa Metano Zero — Decreto n° 11.033/2022 e Portaria MMA n° 71/2022

2022
- Secretaria Nacional de Transição Energética e Planejamento (SNTEP) — Decreto n° 11.492/2023
- Marco Legal da MMGD — Lei n° 14.300/2022

2023
- Programa Gás para Empregar — Resolução CNPE n° 1/2023
- Programa Energias da Amazônia — Decretos n° 11.059/2022 e n° 11.648/2023
- Programa Combustível do Futuro — Lei n° 14.993/2024
- Luz para Todos — Decretos n° 11.628/2023 e nº 12.964/2026

2024
- Política Nacional de Transição Energética — Resolução CNPE n° 5/2024
- Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões — Lei n° 15.042/2024 - SBCE
- Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER) — Lei n° 14.902/2024
- Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono — Leis n° 14.948/2024 e n° 14.990/2024

2025
- Marco Legal das Eólicas *Offshore* — Lei n° 15.097/2025 e Resolução CNPE n° 1/2026
- Luz do Povo — Lei n° 15.235/2025
- Certificado de Garantia de Origem do Biometano (CGOB) — Decreto n° 12.614/2025
- Aumento da mistura obrigatória de etanol à gasolina C e do biodiesel ao diesel — Resoluções CNPE n° 8/2025 e n° 9/2025
- Programa de Aceleração da Transição Energética (PATEN) — Lei n° 15.103/2025
- Modernização do Marco Regulatório do Setor Elétrico — Lei n° 15.269/2025
- Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro) — Decreto n° 13.096/2026
- Estudos de Hidrelétricas e Sistemas de Armazenamento — Resoluções CNPE n° 7/2026 e n° 8/2026

2026
- Gás do Povo — Lei nº 15.348/2026, Decreto nº 12.649/2025 e Resolução CNPE nº 3/2026
- Regulamentação do Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV) — Decreto n° 13.094/2026
- Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos (PNMCE) — Lei n° 15.506/2026
- Regulamentação do CCS — Decreto n° 13.095/2026

O horizonte de longo prazo traz desafios cuja superação demanda a integração de diferentes políticas públicas e de um amplo diálogo entre os diversos setores da sociedade

- Nesse contexto, **a contribuição do PNE 2055 consiste em subsidiar tecnicamente a construção de uma visão compartilhada para o futuro do setor energético**, a partir da exploração de cenários, tendências e incertezas. Essa contribuição encontra respaldo na estrutura da Política Energética Nacional e, em especial, na **Política Nacional de Transição Energética (PNTE)**, instituída pela Resolução CNPE nº 5, de 2024. A PNTE busca integrar políticas, planos setoriais e instrumentos regulatórios e de financiamento, promovendo uma condução coordenada da transição energética brasileira. Ao articular os esforços das diferentes áreas de governo e potencializar o aproveitamento das vantagens nacionais, a política tem no **Plano Nacional de Transição Energética (Plante)** um de seus principais instrumentos de implementação.
- Nesse sentido, **a elaboração concomitante e articulada do PNE 2055 e do Plante fortalece a convergência com outras iniciativas estratégicas de caráter interministerial, como o Plano Clima, a Estratégia Brasil 2050, o Plano de Transformação Ecológica e a Nova Indústria Brasil**, ampliando a coerência e a coordenação de ações voltadas à transição energética e ao desenvolvimento sustentável do País.

Articulação de políticas públicas e meios de implementação que abordam a transição energética

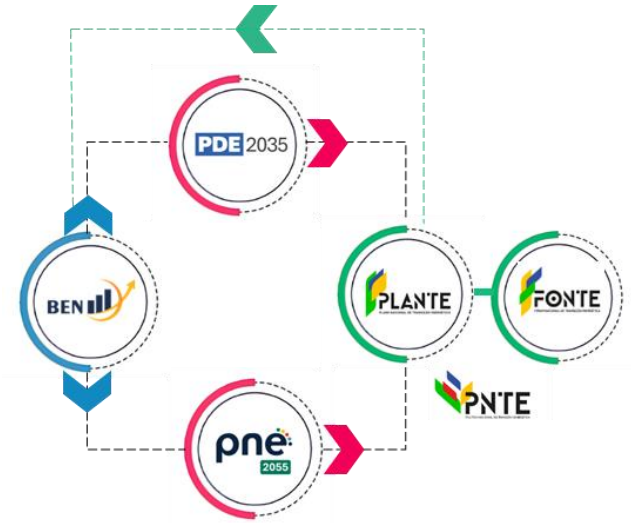




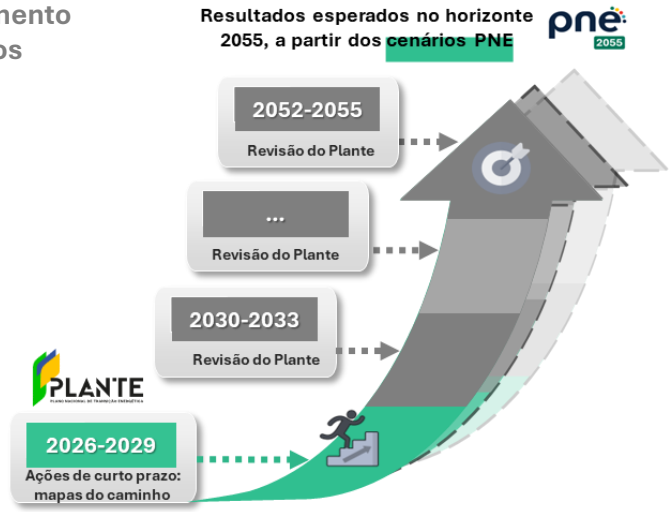
A Política Nacional de Transição Energética (PNTE) e seus instrumentos constituem um robusto arcabouço de governança, promovendo a integração entre a visão de longo prazo do PNE e os instrumentos estratégicos de curto e médio prazo

- O **Plano Nacional de Transição Energética (Plante) e o Fórum Nacional de Transição Energética (Fonte) são os principais instrumentos da PNTE** para a implementação de suas diretrizes. O Plante consiste em um plano de ação de longo prazo, estruturado em ciclos quadrienais de implementação, que articula os diversos planos, programas e iniciativas do Governo Federal relacionados à transição energética. Por meio de roadmaps, o plano sistematiza ações, identifica sinergias, lacunas e sobreposições, além de orientar a proposição de novas iniciativas. O Fonte, por sua vez, atua como instância permanente de diálogo entre governo, sociedade civil e setor produtivo, contribuindo para a transparência, a participação social e o aprimoramento contínuo da política de transição energética. Entre suas atribuições, destacam-se a elaboração de recomendações e a construção de consensos em torno dos desafios e oportunidades da transição energética brasileira.
- Os resultados qualitativos e quantitativos, bem como as considerações estratégicas do PNE 2055, constituem a principal referência técnica para a elaboração do Plante. Com base nos cenários de longo prazo e nos pilares do PNE, o plano organiza e prioriza ações voltadas à transição energética, detalhando, com embasamento técnico e ampla participação social por meio do Fonte, os caminhos para a construção de uma energia competitiva em uma economia de baixo carbono, com segurança, resiliência e justiça energética. Seus ciclos periódicos de implementação permitem o contínuo aperfeiçoamento das ações e sua adaptação às transformações econômicas, tecnológicas e sociais na trajetória até 2055.

Os instrumentos da Política Energética Nacional e da PNTE



Horizonte de planejamento do Plante ancorado nos cenários do PNE 2055



GLOSSÁRIO

Biocarvão: 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, em especial, o diesel verde, os combustíveis sustentáveis de aviação (SAF), e o metanol e a amônia quando produzidos a partir de biomassa renovável.

Biocombustíveis Convencionais: 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. Destacam-se, em especial, o etanol (produzido a partir de açúcares ou amidos) e o biodiesel (produzido a partir de óleos vegetais).

Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono (BECCS): 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 CO_2 da atmosfera durante o crescimento da biomassa e o armazena permanentemente.

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.

Captura e Armazenamento de Carbono (CCS), Captura e Utilização de Carbono (CCS) ou Captura, Armazenamento e Utilização de Carbono (CCUS) : Conjunto de operações que capturam CO_2 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 CO_2 concomitantemente.

Captura e Armazenamento de Carbono Direto do Ar (DACCS): Operação que combina a captura direta de CO_2 da atmosfera com armazenamento de carbono. Gera emissões negativas.

Combustíveis de Baixo Carbono: Termo amplo usado para se referir a uma série de combustíveis com baixa emissão 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 CO_2.

Diesel com Conteúdo Renovável por Coprocessamento: Produto obtido pelo processamento simultâneo de carga fóssil e renovável em unidades de refino.

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 CO_2 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

GOVERNO DO BRASIL DO LADO DO POVO BRASILEIRO