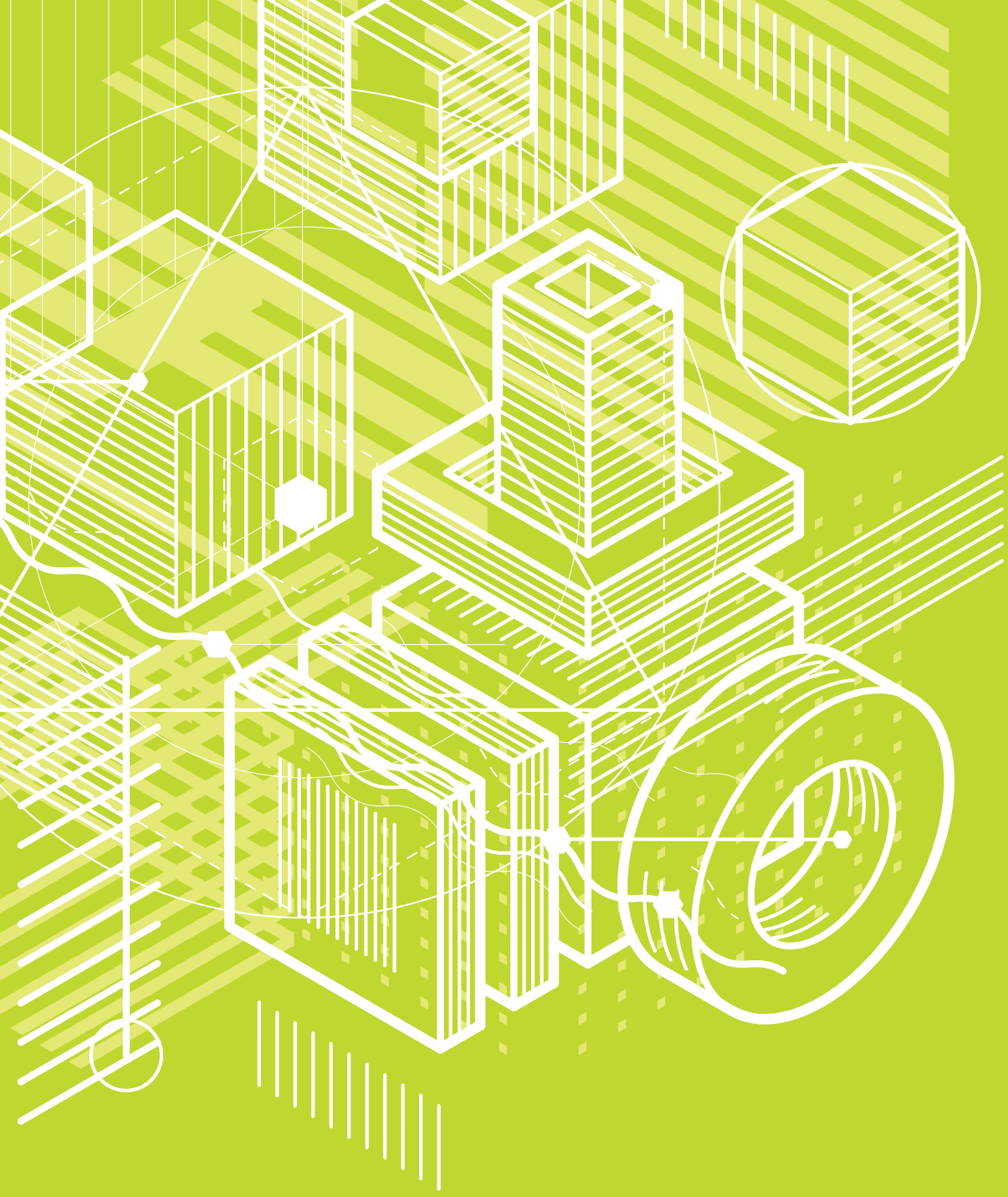
QUAIS OS REAIS CUSTOS E BENEFÍCIOS DAS FONTES DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL?

instituto Escolhas



Conselho Diretor:
Ricardo Sennes (presidente)
Marcos Lisboa
Sergio Leitão

Conselho Científico:
Rudi Rocha (Presidente)
Bernard Appy
Fernanda Estevan
Marcelo Paixão
Marcos Lisboa
Ricardo Abramovay
Sandra Paulsen

Conselho Fiscal:
Plínio Ribeiro (Presidente)
Fernando Furriela
Zeina Latif

QUAIS OS REAIS CUSTOS E BENEFÍCIOS DAS FONTES DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL?

Estudo idealizado pelo Instituto Escolhas

Coordenação: **Sergio Leitão** e **Natalia Nunes Ferreira Batista** (Instituto Escolhas)
Execução técnica:
Equipe PSR: **Mario Veiga, Bernardo Bezerra, Martha Carvalho, Juliana Pontes, Edmundo Grune, Celso Dall'Orto, Felipe Nazaré, Maynara Aredes, Jairo Terra, João Vilela, Guilherme Machado, Amanda Fernandes, Rodrigo Novaes**
Consultores HPPA: **Jorge Jardim** e **Paula Pereira**
Revisão técnica: **Munir Younes Soares** (Iema)

Agradecimentos:

Empresa de Pesquisa Energética (EPE)
Luiz Barroso
Ricardo Lima
Kamyla Borges Cunha

Instituto Escolhas

São Paulo, outubro, 2018

O Instituto Escolhas é um think tank que desenvolve estudos e análises sobre economia e meio ambiente que contribuam para viabilizar o desenvolvimento sustentável.

Andre Nery

APRESENTAÇÃO

Este estudo foi idealizado pelo Instituto Escolhas com o objetivo de avaliar os reais custos e benefícios das fontes de geração elétrica, o que foi feito analisando os seus diferentes atributos. Com isso, pretende trazer dados que qualifiquem o debate sobre a viabilidade do aumento da participação das novas renováveis (eólica, solar, biomassa) em nossa matriz elétrica com confiabilidade, economicidade e sustentabilidade.

O Escolhas, para tanto, fez uma parceria com a PSR Soluções e Consultoria em Energia, uma das mais renomadas consultorias especializadas no setor elétrico do país, para elaborar uma metodologia inédita de valoração dos atributos das fontes.

OS PRINCIPAIS RESULTADOS SÃO:

O Brasil, até 2026, pode aumentar a participação de renováveis em sua matriz elétrica sem que isso acarrete custos significativos para a operação do sistema elétrico.

Uma metodologia inédita para calcular os reais custos e benefícios das fontes de geração elétrica, que permite a efetiva valoração dos seus atributos, propiciando que se discuta o modo como se faz a alocação dos custos entre os agentes do setor elétrico brasileiro.

Os subsídios são um componente dos custos da energia que potencialmente causam distorção na precificação das fontes.

O Brasil, em 2035, pode aumentar em 68% a participação de energia eólica, solar e biomassa em sua matriz elétrica, em relação a previsão do Plano Decenal de Energia 2026, totalizando 44% da composição da matriz. Esta mudança pode ocorrer sem afetar a competitividade e a atratividade dos megawatt-hora (MWh) dessas fontes para os consumidores.

Nem todo MWh é economicamente igual e este estudo mostra o real custo de cada um deles para a sociedade. No entanto, como a valoração dos atributos deste estudo considera a complementariedade entre as fontes de geração operando de forma conjunta, o plano de expansão ótimo para o sistema não deve necessariamente selecionar apenas a opção com o menor custo.

A seguir, são apresentados os atributos considerados nesta avaliação e a metodologia inédita elaborada para calcular os reais custos e benefícios das fontes de geração, o que é fundamental para o planejamento de uma eficiente composição da nossa matriz elétrica.

PREMISSAS

As fontes de energia têm atributos próprios, que são suas características e as diferenciam entre si. Isso faz com que cada uma tenha um papel distinto e, ao mesmo tempo, complementar na matriz elétrica brasileira. A energia eólica, por exemplo, é limpa e renovável, mas a sua produção é variável, porque não há como operar se não há vento. Uma termelétrica emite gases de efeito estufa, mas pode ser acionada a qualquer momento. Ou seja, nenhuma fonte sozinha tem todas as características necessárias para uma ótima operação do sistema elétrico, ou é autossuficiente, vindo daí a complementariedade entre elas. Obviamente, na medida que a tecnologia avance, como, por exemplo, a evolução das baterias, os atributos mais restritivos das novas fontes renováveis tendem a sofrer modificações, como a capacidade de armazenamento da energia gerada por eólicas e solares.

O maior desafio do fornecimento de energia elétrica de qualquer país é garantir o atendimento da demanda com qualidade, confiabilidade, sustentabilidade e da maneira mais barata possível. Para tanto, devem ser levados em consideração vários objetivos, analisados simultaneamente:

1 **Minimizar as *tarifas* para o consumidor, levando em consideração a soma dos custos de geração e transmissão;**

2 **Assegurar a *confiabilidade* do fornecimento, ou seja, reduzir a probabilidade de falhas no suprimento de energia (racionamento) e de potência (interrupções);**

3 **Assegurar a *robustez* do fornecimento, que significa resistir à ocorrência de eventos de baixa probabilidade, porém de grande impacto, como, por exemplo, uma falha catastrófica (e de longa duração) em uma grande hidrelétrica ou a interrupção de suprimento de gás natural devido a uma crise geopolítica;**

4 **Assegurar que sejam cumpridas as determinações de *política energética* do país, como limitar as emissões de gases de efeito estufa no setor elétrico, compromisso assumido pelo Brasil em razão do Acordo de Paris[1].**

[1]Acordo celebrado na 21ª Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro da Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC), em 2015.

blackdogvfx

A expansão da oferta de eletricidade, no Brasil, acontece principalmente por meio de leilões organizados pelo governo. Esses leilões consideravam exclusivamente a capacidade de produção de energia das empresas participantes - volume de megawatts por ano (MWh/ano) distribuído ao longo dos meses -, sem considerar qual é a fonte de geração de energia e em detrimento das demais características, como confiabilidade, robustez, emissão de gases de efeito estufa e outros.

nostal6ie

Isso significa que a comparação entre as diferentes ofertas nos leilões era realizada apenas pelo preço da energia ou expectativa de custo para o consumidor. Como consequência, outras características referentes ao total de serviços — chamadas de atributos — que cada fonte de geração pode prestar a um sistema não eram valoradas explicitamente. Além disso, existem subsídios e incentivos fiscais, financeiros e tributários dados aos geradores que afetam o preço final da energia e o resultado dos leilões.

A partir de 2013, o Brasil passou a realizar leilões separados por fonte, permitindo assim contratar um tipo de gerador em detrimento de outro, mesmo que seu preço de energia seja maior. Essa segmentação dos leilões considera de forma implícita os atributos dos geradores. No entanto, não há oficialmente uma metodologia para a valoração desses atributos ou para a definição do montante que deve ser contratado de cada fonte.

POR NÃO VALORAR OS ATRIBUTOS DAS FONTES, O PREÇO FINAL NÃO REFLETE TODOS OS REAIS CUSTOS E BENEFÍCIOS PARA A SOCIEDADE.

O modelo anterior fazia sentido porque a principal fonte de geração no país era as usinas hidrelétricas. Com o tempo, porém, o *mix* de fontes de geração foi mudando, sobretudo com a presença de termelétricas com combustíveis fósseis e, mais recentemente, com a entrada maciça de geração eólica.

Esse fato começou a provocar impactos que não existiam antes. Um exemplo é o uso de termelétricas para compensar os problemas da reduzida capacidade de geração das usinas hidrelétricas na região Nordeste, causados pelas sucessivas secas dos últimos anos. O resultado foi o aumento dos custos, em razão dos preços elevados dos combustíveis fósseis e maior emissão de gases de efeito estufa.

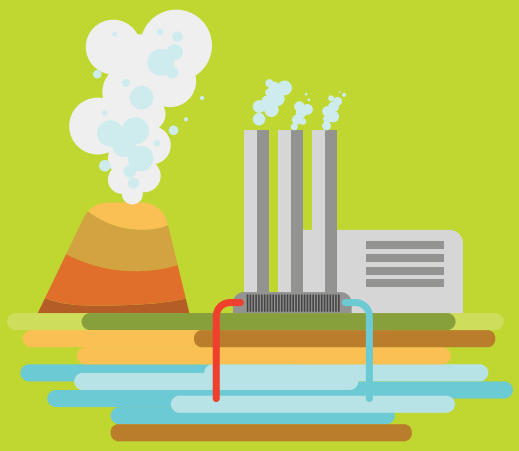
Além disso, com as mudanças climáticas — que podem impactar o fornecimento de energia de diversas fontes -, é ainda mais importante considerar o *mix* como um todo e não apenas as fontes isoladamente. Isso porque a sustentabilidade da matriz elétrica precisa ser considerada um fator primordial, assim como sua segurança e confiabilidade.

Resumindo, o modelo simplificado de contratação, ao não ser atualizado, traz ineficiência para a economia. Além disso, não explicita para gestores e sociedade os verdadeiros *trade-offs* de decisões sobre mudanças na matriz elétrica, como, por exemplo, a defesa da construção maciça de usinas solares ou da necessidade de se construir mais térmicas a gás.

AS FONTES ANALISADAS

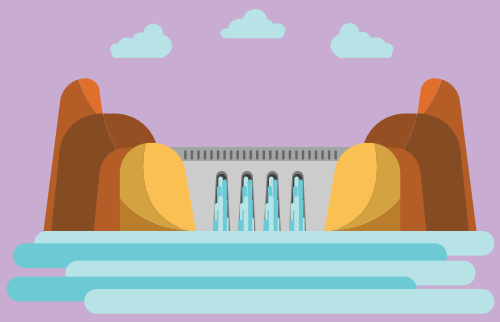
A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é quem elabora o Plano Decenal de Expansão de Energia, documento que norteia as escolhas do governo e dos agentes privados para atender à demanda nacional de energia. Este estudo parte do último desses planos, que indica em quais fontes e em quais proporções o país irá investir até 2026 (PDE 2026).

FONTES DE ENERGIA PREVISTAS NO PDE 2026[2]:



Termelétrica a gás natural[3]:

Funciona pela queima do gás combustível em turbinas.

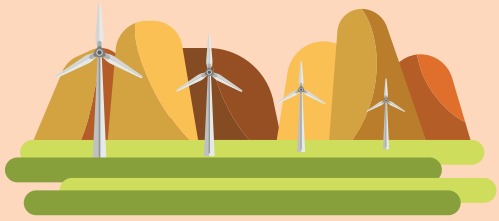


Usina hidrelétrica:

Fio d'água: Sem capacidade de armazenamento de água para períodos mais secos.

Pequena Central Hidrelétrica: Usina hidrelétrica de pequeno porte e sem armazenamento de água.

[2]O PDE 2026 não prevê a expansão de geração de energia advinda das usinas hidrelétricas com reservatório e usinas nucleares.
[3]No estudo, foram consideradas diferentes alternativas para a eficiência das usinas (ciclo combinado e ciclo aberto), para o nível de inflexibilidade operativa (0% e 50% inflexível) e para a origem do gás natural (nacional e importado).

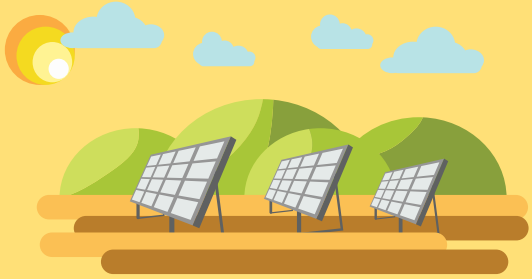


Usina eólica:

Transforma a energia do vento em energia elétrica.

Usina de biomassa:

Funciona pela combustão de material orgânico.



Usina solar fotovoltaica:

Transforma energia do sol em energia elétrica.

METODOLOGIA

A metodologia do estudo calcula o custo total da geração de energia no Brasil por meio da avaliação e da valoração dos atributos (características) de cinco componentes para cada fonte de geração[4] prevista no plano de expansão do PDE 2026.

Os modelos desenvolvidos analisam aspectos não considerados atualmente nas ferramentas oficiais de planejamento de operação e expansão da matriz, tais como: detalhamento horário, restrições para atendimento à demanda de ponta, detalhamento da rede de transmissão, variabilidade na produção eólica e solar e emissões de gases de efeito estufa.

Além disso, os custos e benefícios foram analisados considerando a sinergia entre as fontes previstas no PDE 2026, o que significa que os resultados apresentados são fortemente influenciados pela configuração do parque gerador planejado. Por exemplo, foi analisado o benefício da complementariedade horária da geração solar (produção concentrada durante o dia) e eólica no interior do Nordeste (maior produção de madrugada) com as termelétricas, tanto na matriz de 2026, quanto na projetada para 2035.

Matyas Rehak

[4]Foram desenvolvidas técnicas específicas para a avaliação e cada atributo, as quais são apresentadas resumidamente no relatório principal (escolhas.org/biblioteca/estudos-instituto-escolhas/).

ATRIBUTOS ANALISADOS

1 Custos de investimento e operação

Custo anual para recuperar o investimento e operar a usina ao longo de sua vida útil.

As novas fontes renováveis são as que apresentam o menor custo de investimento e operação em relação às demais.

2 Serviços prestados pela fonte além da produção de energia propriamente dita

Modulação: Capacidade do gerador de atender à demanda de energia ao longo do mês.

Sazonalidade: Capacidade do gerador de atender à demanda de energia ao longo do ano.

Robustez: Capacidade do gerador de produzir energia acima do que foi planejado.

Confiabilidade: Capacidade do gerador de injetar potência no sistema para evitar interrupção no fornecimento.

Em todos esses quesitos, a termelétrica é a fonte que se sai melhor. A hidrelétrica tem problemas com a sazonalidade e a eólica e a solar com a variabilidade na produção de energia.

3 Custos de infraestrutura causados (ou evitados) pelo gerador

Investimentos em infraestrutura para o funcionamento adequado do sistema elétrico (equipamentos de geração e/ou da rede de transmissão) causados ou evitados por cada fonte.

Dentre as renováveis, a biomassa é a que possui o menor custo de infraestrutura.

4 Subsídios e isenções

Custo pago pela sociedade devido a diversos incentivos e isenções oferecidos pelo governo às diferentes fontes de energia. Neste estudo, foram consideradas as isenções tributárias, o financiamento a taxas diferenciadas por instituições financeiras públicas e os incentivos regulatórios.

Os subsídios podem ser usados pelo governo para aumentar ou diminuir a participação de determinada fonte na matriz, com consequências como o aumento ou a redução do custo da energia para o consumidor e/ou alocação de custos adicionais para outros geradores. Ainda, dependendo da fonte incentivada, pode reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

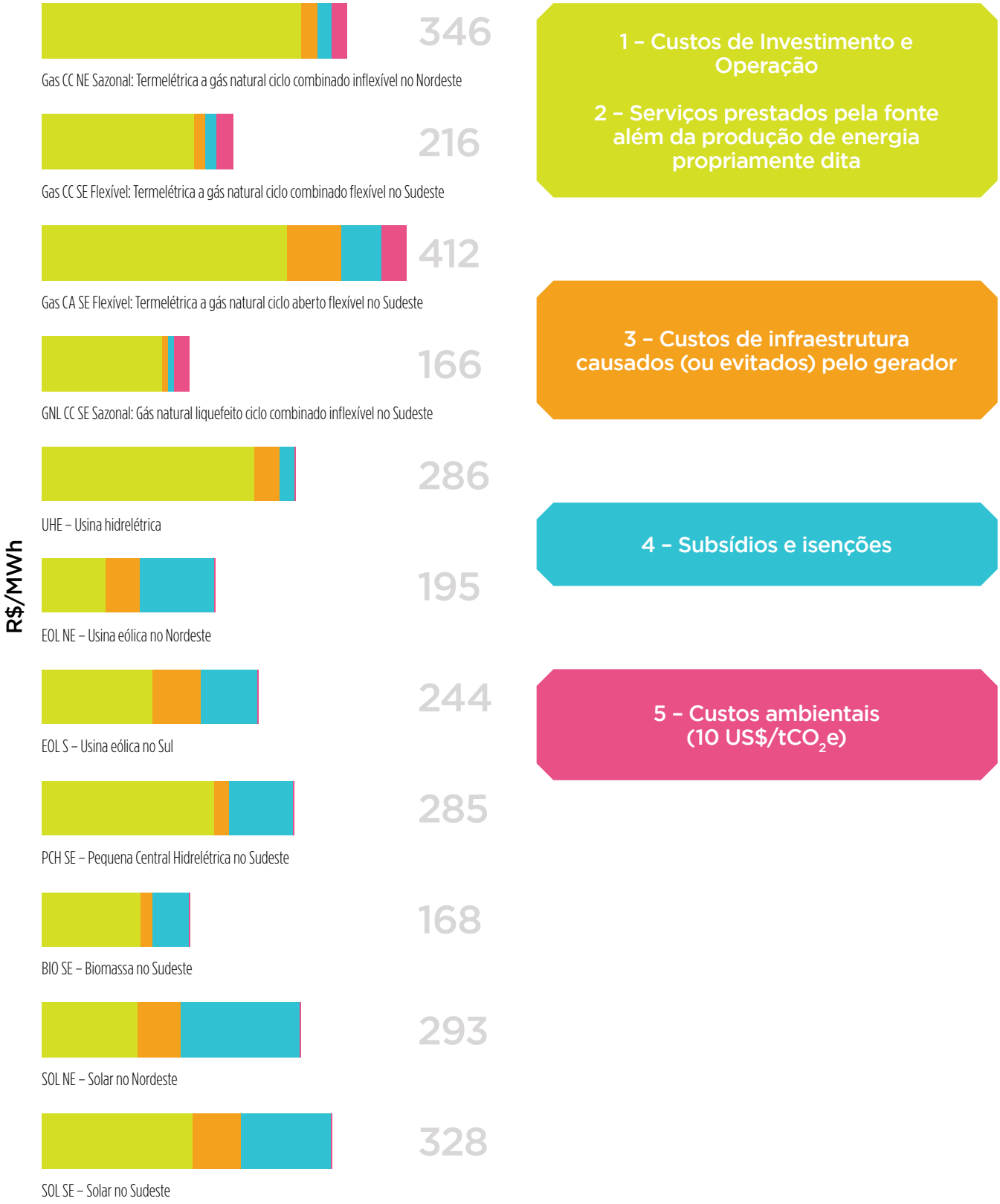
As fontes que mais recebem subsídios e isenções são solar, eólica e pequenas centrais hidroelétricas.

5 Custos ambientais:

Custos para a sociedade relativos à emissão de gases de efeito estufa de cada fonte de geração de energia.

Ao fazer a análise dos custos das emissões, o estudo propicia que a valoração de um dos aspectos do atributo ambiental se incorpore ao debate sobre a precificação das fontes de energia. Outros aspectos desse atributo deverão ser incorporados em desdobramentos futuros deste estudo. A fonte com maior custo de emissão é a termelétrica.

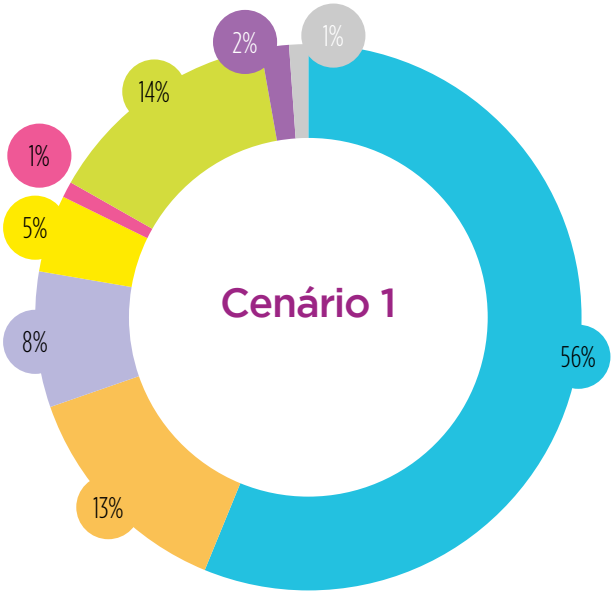
CUSTO FINAL DA ENERGIA PARA TODAS AS FONTES DE EXPANSÃO DO PDE 2026



OS CENÁRIOS

Para além da valoração dos atributos no cenário base (PDE 2026), o estudo contou com análises de sensibilidade para outros três cenários com progressiva expansão das novas renováveis. Nesses casos, foram avaliados apenas os atributos de modulação, sazonalidade e reserva probabilística segundo o *mix* da matriz elétrica projetada.

Esses três atributos são relevantes para testarmos a capacidade de garantir o fornecimento estável de energia. Os resultados indicam que a expansão da participação de novas renováveis (44%) pode ser realizada sem impacto significativo para o custo do sistema. Veja os cenários em que isso é possível:



Participação das fontes na matriz elétrica - cenário base PDE 2026
Potência total - 211 GW

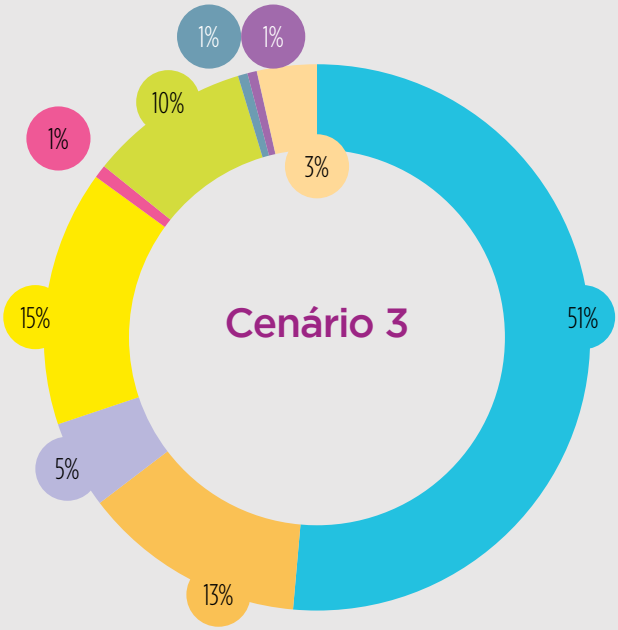
Oferta no último ano do PDE 2026.

2026

Participação das fontes na matriz elétrica – cenário base 2035 – estimativa própria
Potência total - 255 GW

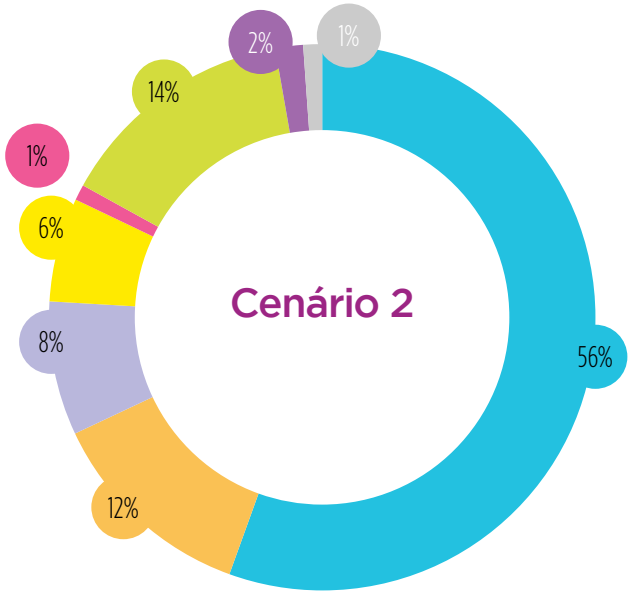
Projeção da demanda para 2035, a qual prevê expansão da capacidade instalada principalmente com solar, eólica, gás natural e alguns projetos hidrelétricos. Para tanto, foi considerado um crescimento do PIB de 2,9% ao ano entre 2027 e 2030 e de 3% ao ano entre 2031 e 2035. Esse *mix* conta com uma potência instalada de aproximadamente 72 GW para novas renováveis (eólica, solar e biomassa).

2035



UHE + PHC | Eólica | Biomassa | Solar
Nuclear | Gás natural | Carvão importado | Carvão
Óleo diesel/Comb. | Outros

Participação das fontes na matriz elétrica – cenário de maior inserção de renováveis do PDE 2026
Potência total - 214 GW

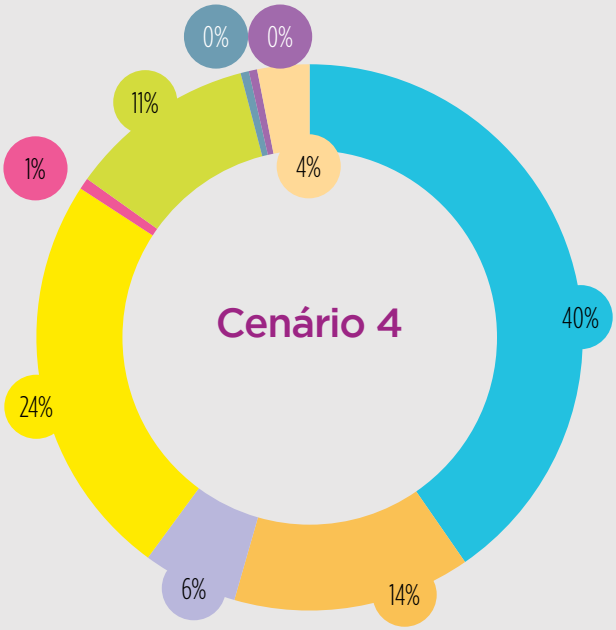


Prevê um investimento de mais R$ 94 bilhões em renováveis até 2026 devido a uma redução do custo de investimento de energia solar, resultando em um aumento de cerca de 4 GW na capacidade instalada dessa fonte. Desse valor, 11,6% serão destinados à biomassa, 56,4% à eólica, 32% à solar.

2026

Participação das fontes na matriz elétrica - cenário de maior inserção de renováveis 2035 - estimativa própria
Potência total - 293 GW

Projeção com maior inserção de renováveis para 2035, considerando uma expansão do parque gerador com maior concentração de eólica, solar e biomassa e, consequentemente, menor participação de gás natural na matriz elétrica. Nesse quadro, as novas renováveis atingem 128,4 GW instalados, refletindo uma participação de 44% no total da matriz elétrica.



2035

Veja o estudo completo em: **http://escolhas.org/biblioteca/estudos-instituto-escolhas/**

Prefixo Editorial: 94334
Número ISBN: 978-85-94334-02-2
Título: Quais os reais custos e benefícios das fontes de geração elétrica no Brasil?
Tipo de Suporte: Papel

Organização responsável: **Instituto Escolhas**
Coordenação editorial: **Maura Campanili, Sergio Leitão** e **Jaqueline Ferreira**
Edição de texto: **Maura Campanili**
Edição de Arte: **Brazz Design**
Gráfica: **MaisType**
Foto da capa: **maxxyustas**

Rua Dr. Virgílio de Carvalho Pinto, 445
Sala 23 - Pinheiros - São Paulo

www.escolhas.org

siga Instituto Escolhas @_escolhas

Licença Creative Commons
Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.

FenrisWolf

instituto Escolhas

www.escolhas.org

Apoio para a realização do estudo

iCS instituto CLIMA e SOCIEDADE

Apoio

instituto arapyaú

OAK FOUNDATION

FURRIELA ADVOGADOS

Fundação Tide Setubal 10 anos

Climate and Land Use Alliance