



Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030

# **Avaliação do Suprimento de Potência no Sistema Elétrico e impactos da Covid-19**

---

Superintendência de Geração de Energia Elétrica


Agosto de 2020

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA




# Conteúdo

- **Introdução**
- **Necessidade de capacidade de potência no PDE 2029**
- **O requisito de capacidade de potência no PDE 2030 e a COVID-19**
- **Metodologia de cálculo da disponibilidade de potência**
- **A metodologia multi-área do balanço de potência**
- **Conclusões**

 O **PDE 2029** sinalizou que já haveria necessidade de expansão específica para o atendimento da demanda de potência a partir de 2024, mesmo com o requisito de energia atendido.

Após a publicação do Plano, novos acontecimentos trouxeram impactos nessa avaliação:

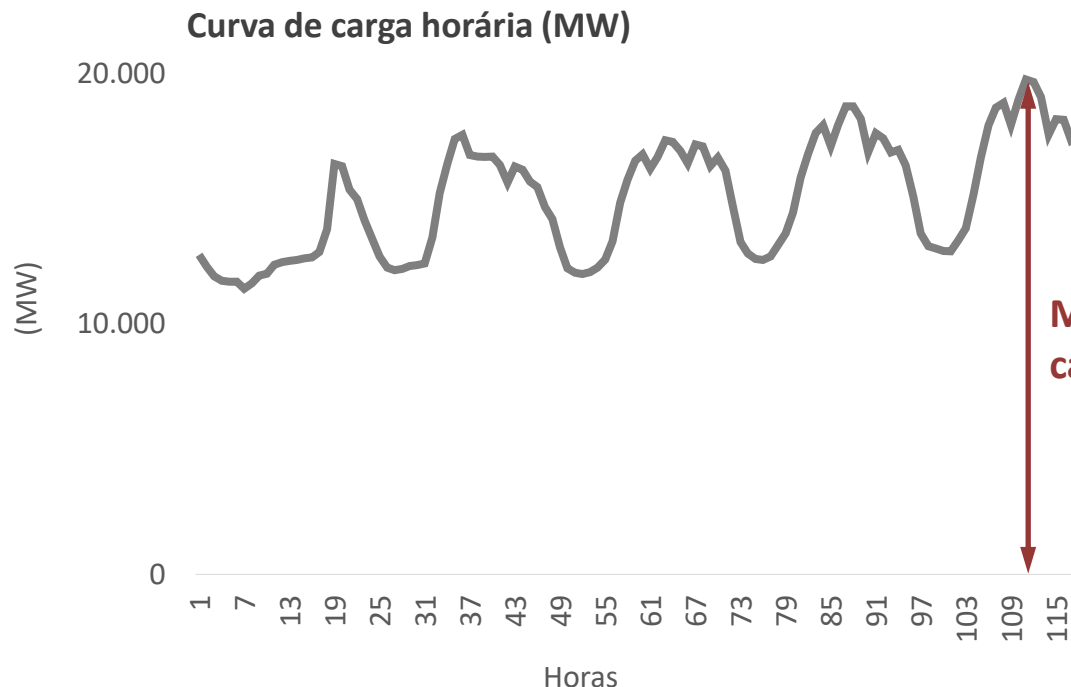
 Aprovação dos novos **critérios de suprimento** de potência e energia em 2019 (Resolução CNPE Nº 29, de 12/12/2019 e Portaria MME nº 59, de 20/2/2020)

 A pandemia de COVID-19, que tem causado expressivos impactos negativos na economia brasileira e mundial, levando à **redução do consumo de eletricidade**, aliado a aumento da incerteza no longo prazo

No âmbito dos estudos do PDE 2030, este caderno antecipa resultados de uma reavaliação da necessidade de capacidade de potência, destacando algumas questões metodológicas e fatos relevantes. O requisito de energia será apresentado em outro caderno.

A avaliação de capacidade (ou suprimento de potência) busca identificar se o sistema é capaz de atender à demanda em todos os instantes, considerando a disponibilidade dos recursos no tempo.

- Não faz parte da avaliação de suprimento de potência analisar propriedades referentes às mudanças de um instante para o outro, como taxas de variação ou rampa para tomada de carga.



Atualmente a avaliação de capacidade é feita pela análise de atendimento à **demand máxima instantânea**.

- Esta demanda é acrescida do requisito de reserva operativa, cujo valor é definido para os estudos.
- A reserva operativa está associada às variações da demanda e às incertezas da geração eólica \*

\*Conforme Nota Técnica ONS DPL-REL – 0069/2019, “Limites de Transferência de Energia entre Regiões e Geração Térmica Por Restrições Elétricas para o Período de Maio de 2019 a Dezembro de 2023”, de Março/2019

# Necessidade de capacidade de potência no PDE 2029

Papel das termelétricas  
Expansão da oferta de capacidade  
Novos critérios de suprimento  
Alocação da expansão aos critérios

Um dos destaques do PDE 2029 é o papel que as **usinas termelétricas** possuem para a **segurança operativa do sistema**, contribuindo para a garantia do atendimento ao requisito de Capacidade de Potência.

Dentre os resultados apresentados no PDE 2029, destacam-se:

Modelo de Decisão de Investimento (MDI)



Expansão com diversas tecnologias, tendo como objetivo o menor custo total para o sistema

FLEXIBILIDADE

- O baixo custo de investimento é um fator de atratividade para as termelétricas selecionadas.
- Opção por termelétricas com operação totalmente flexível (sem geração compulsória), mesmo que isso resulte em custos operativos variáveis superiores aos praticados em usinas inflexíveis (geração compulsória). Essa flexibilidade contratual permite que as usinas sejam acionadas apenas e somente quando o sistema requisitar, contribuindo para a otimização dos diversos recursos disponíveis no SIN.

RETROFIT

- O PDE 2029 também chamou a atenção para a oferta termelétrica existente em final de contrato (CCEAR) e a possibilidade de manutenção de uma parcela desse parque, também prestando o serviço de complementação de capacidade. A continuidade dessa oferta seria viabilizada por um processo de modernização da usina (*retrofit*), após processo competitivo de seleção e contratação.
- O investimento necessário, nestes casos, seria menor que o custo de instalação de uma usina nova.



Fatores para a crescente necessidade de capacidade de potência no PDE 2029

## Crescimento da demanda

Mercado de Referência PDE 2029

- PIB: 3,0% a.a.
- Crescimento da carga: 3,7% a.a.



## Fim de contrato (ou vida útil) de termelétricas

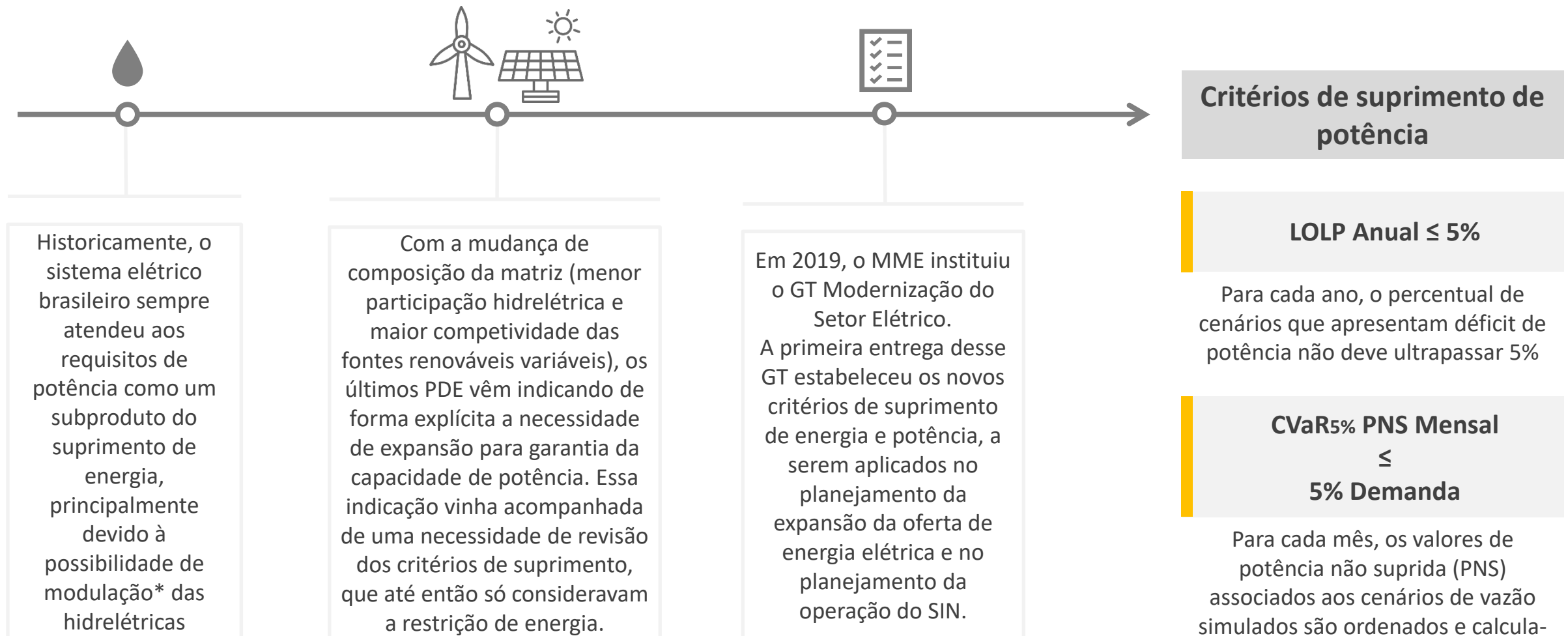
Premissas para retirada de termelétricas existentes até 2029:

- Término do CCEAR (Gás Natural / Óleo Diesel / Óleo Combustível)
- Fim dos subsídios do PPT (Gás Natural) e CDE (Carvão)
- Fim da vida útil da usina



A expansão de novas termelétricas e a modernização do parque apresentou elevada contribuição para o suprimento de capacidade de potência no PDE 2029 para o Cenário de Referência

Tipo de termelétrica 100% flexível (sem geração compulsória)	Expansão da oferta de capacidade no PDE 2029 (MW)					
	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Nova UTE	3 873	6 165	9 710	12 831	15 855	19 706
Retrofit Existentes	3 152	4 976	6 109	6 609	6 787	6 787
<b>Total</b>	<b>7 025</b>	<b>11 141</b>	<b>15 819</b>	<b>19 440</b>	<b>22 642</b>	<b>26 493</b>



\* Modulação: variação da geração ao longo do dia para acompanhar a variação da demanda

Maiores informações: [Infográfico Critério de Garantia de Suprimento](#)



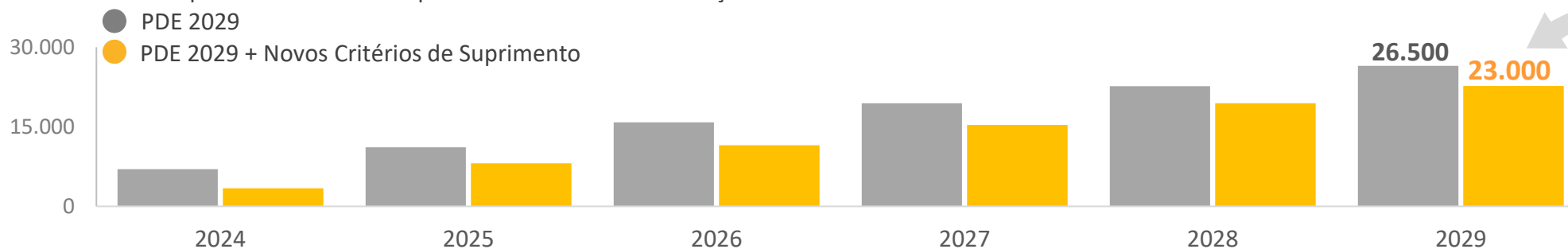
# PDE 2030 | A alocação da expansão do PDE2029 aos novos critérios



Por isso, a avaliação da adequabilidade do suprimento de potência, no horizonte do PDE, agora deve ser refinada atendendo aos limites estabelecidos nos critérios de suprimento de potência do SIN e de cada subsistema. O gráfico abaixo ilustra comparativo entre os resultados de expansão do PDE2029 com e sem aplicação dos Novos Critérios de Suprimento aprovados em dezembro de 2019.

## Capacidade Acumulada (MW)

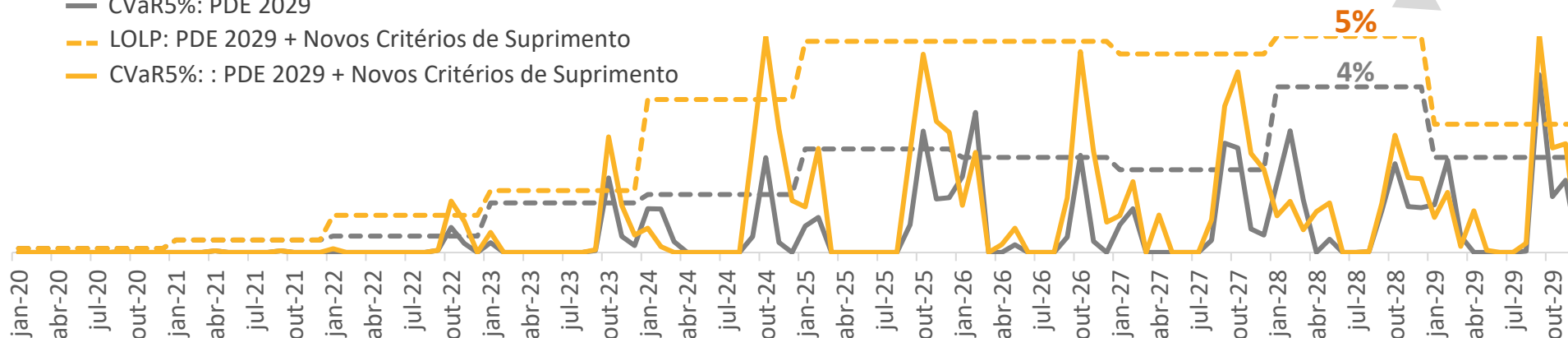
Valores aproximados obtidos a partir do resultado da simulação com séries históricas de vazões no modelo NEWAVE



A aplicação dos novos critérios de suprimento de potência permite uma alocação mais efetiva da expansão, com menores custos globais

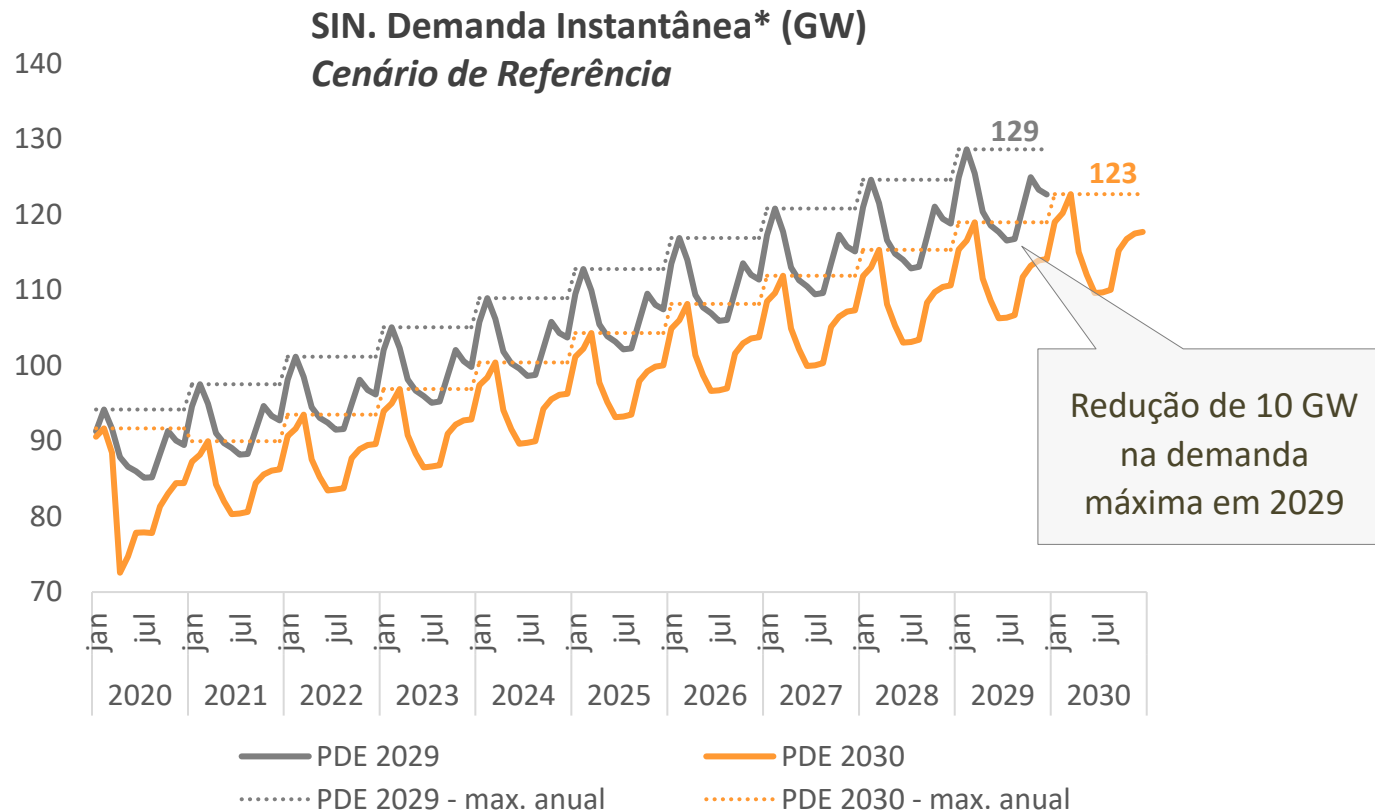
## Critério de Suprimento: Resultados (%)

- LOLP: PDE 2029
- CVar5%: PDE 2029
- LOLP: PDE 2029 + Novos Critérios de Suprimento
- CVar5%: PDE 2029 + Novos Critérios de Suprimento



# O requisito de capacidade de potência no PDE 2030 e a COVID-19

Evolução da demanda máxima  
Oferta existente e já contratada  
Avaliação dos critérios de suprimento  
Impactos na necessidade de potência



\*Demanda instantânea = demanda máxima integralizada em um minuto.

Maiores informações: [Caderno de Demanda de Eletricidade](#)

- Em 2020, há alteração da sazonalidade típica por conta dos efeitos da pandemia da COVID-19 na demanda;
- No PDE 2030, considera-se que a demanda máxima anual ocorre no mês de março;
- Por outro lado, a expectativa é de que junho seja o mês com a menor demanda máxima no horizonte decenal;
- O fator de carga médio anual no SIN ao longo do período 2021-2030, obtido a partir da média das razões anuais entre a carga de energia, apresentada no **Caderno de Demanda de Eletricidade** do PDE 2030, e a demanda máxima anual integrada em uma hora, é de 76,7%.

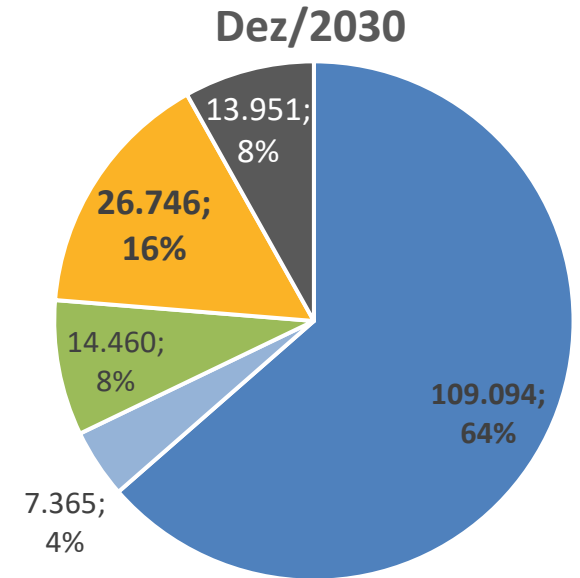
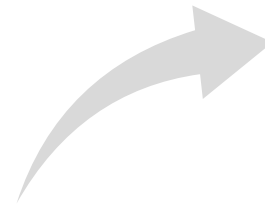
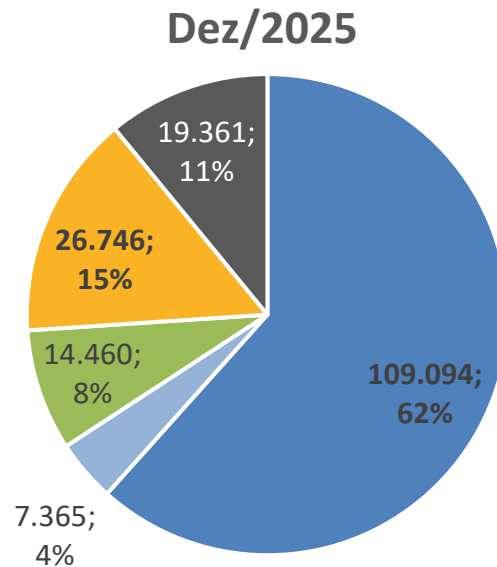
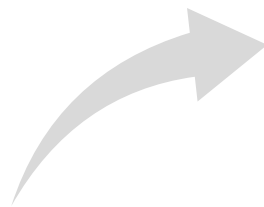
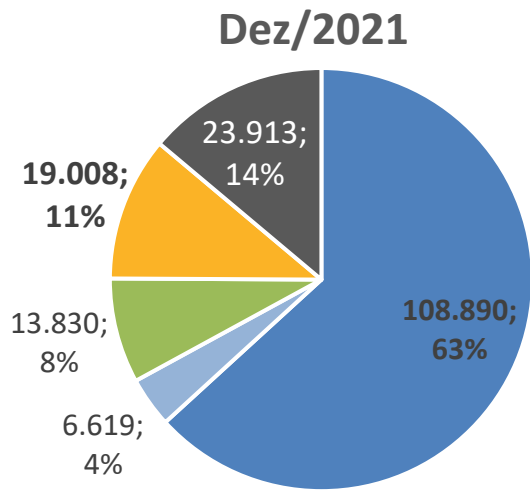
**Em 2030, a demanda máxima do ano é 34% maior que a observada no ano de 2020.**

# PDE 2030 | Evolução da oferta existente e já contratada (inclusive ACL)



Evolução da capacidade instalada no PDE 2030 sem considerar usinas indicativas (MW)

- Hidrelétricas
- PCHs
- Biomassa a bagaço de cana
- Eólica e Solar
- Termelétricas



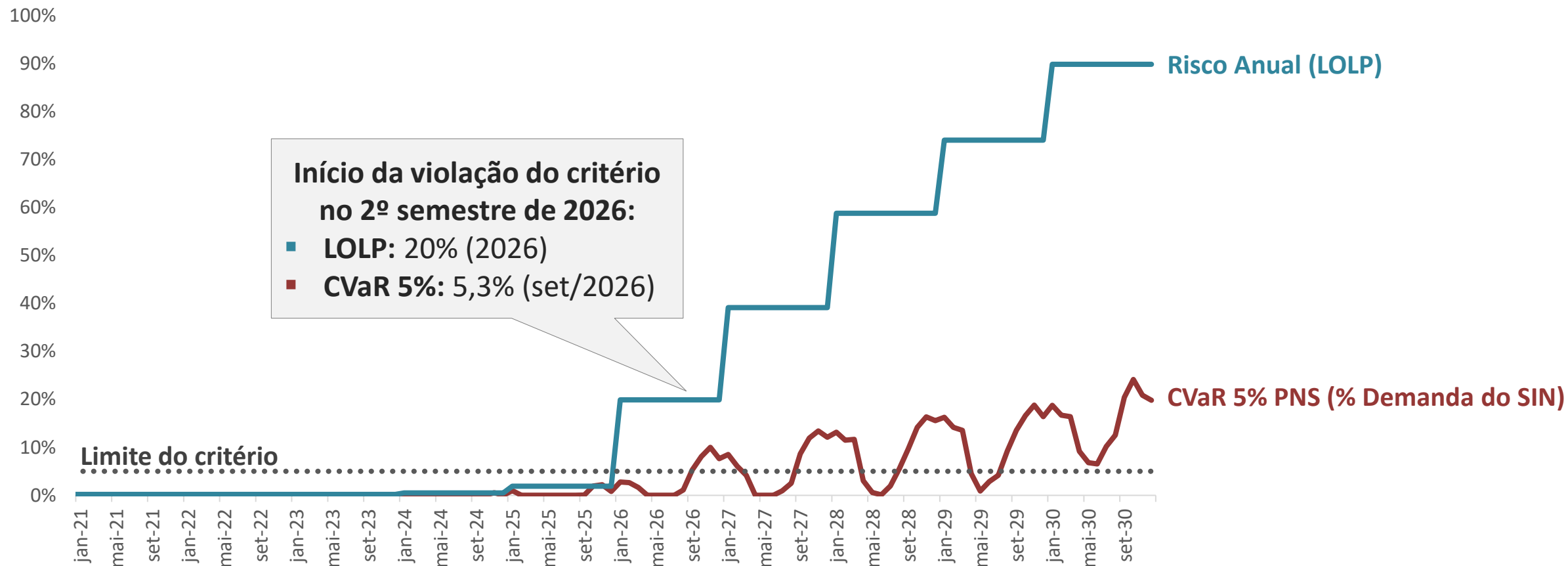
**Aumento da participação das fontes eólica e solar**



**Redução da participação das termelétricas na capacidade instalada do SIN**

## Avaliação do Atendimento aos Critérios de Suprimento de Potência (sem expansão indicativa)

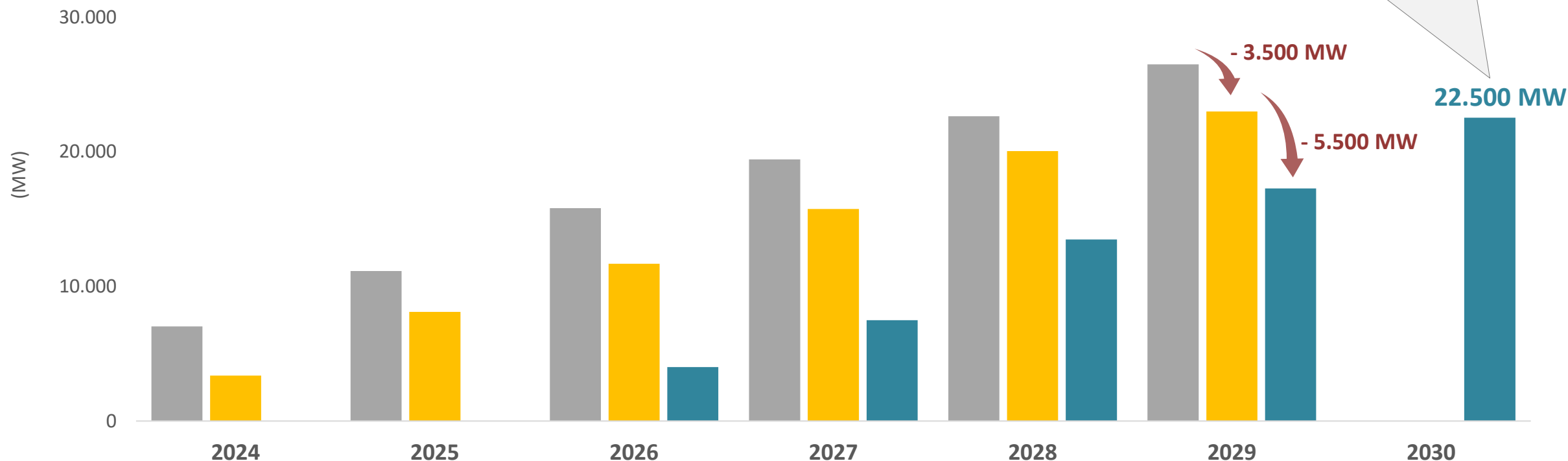
Cenário de Referência



## Comparação da necessidade de capacidade adicional no PDE 2029 e requisito do PDE 2030 (MW)

Cenário de Referência

- PDE 2029
- PDE 2029 com ajuste aos novos critérios de suprimento
- Requisito PDE 2030 sem expansão indicativa



Requisito total de capacidade do PDE 2030 (a ser atendido por todas as tecnologias de geração, incluindo a contribuição das tecnologias com maior vocação para energia, como as fontes eólica e solar)

# Metodologia de cálculo da disponibilidade de capacidade

Contribuição total das fontes

Hidrelétricas

Termelétricas

PCH e Biomassa

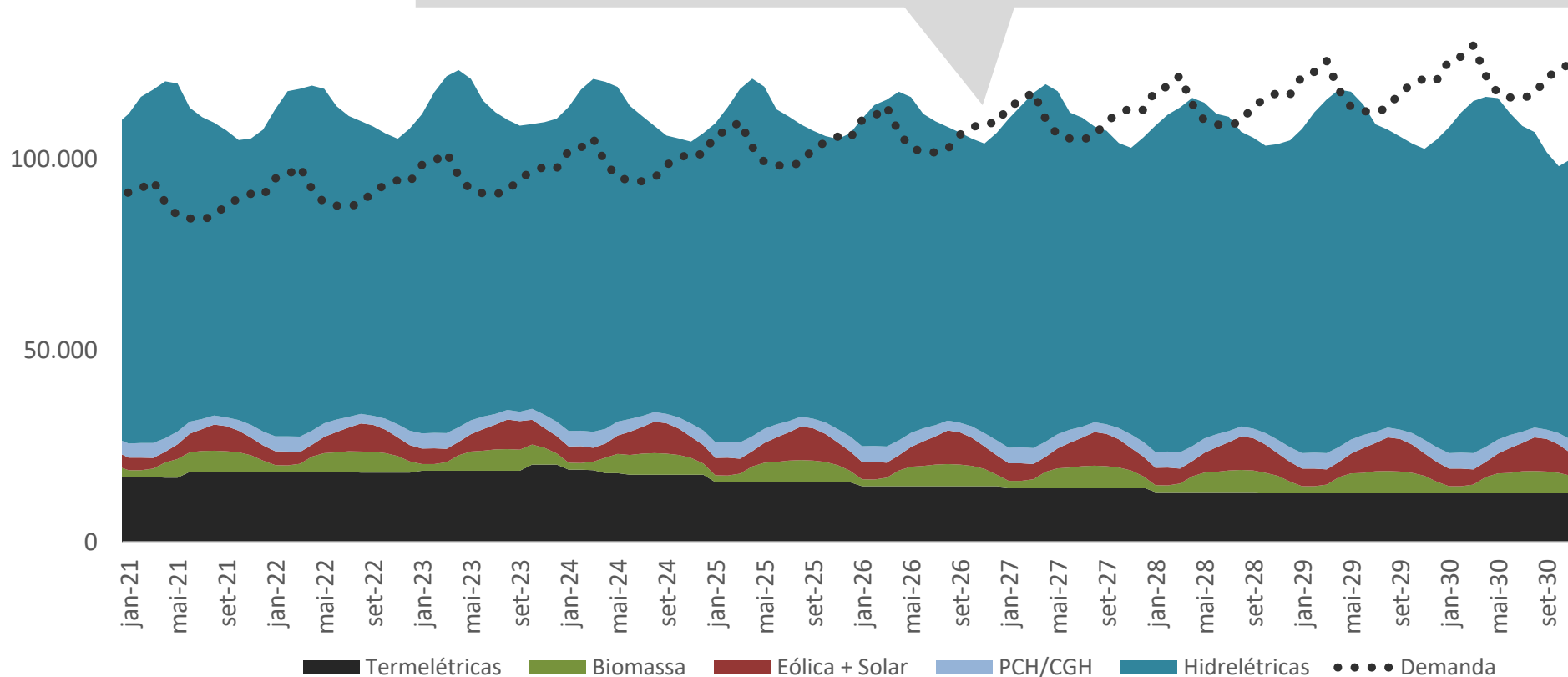
Conjunta Eólica + Solar

Metodologia multi-área

## Contribuição para o Requisito de Capacidade: Sem Expansão Indicativa (MW)

Cenário de Referência

No Cenário de Referência, apenas a partir do **2º semestre de 2026** há momentos em que o requisito de capacidade fica superior à soma da contribuição de capacidade de potência de todas as fontes, violando os critérios de suprimento.

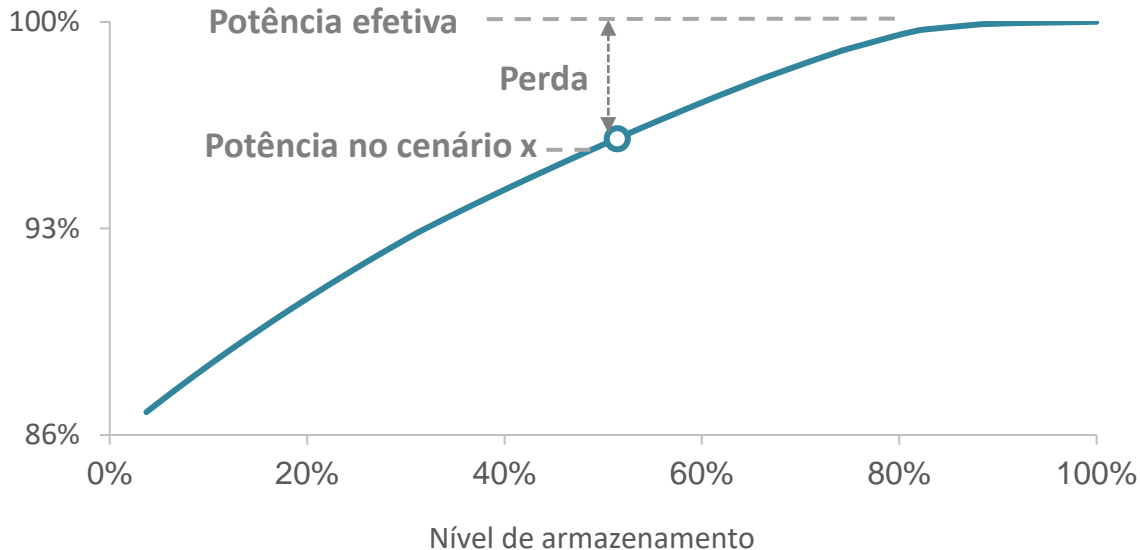


Mas como é realizado o cálculo de contribuição da capacidade de potência de cada fonte?



Considerando a perda de potência por deplecionamento dos reservatórios

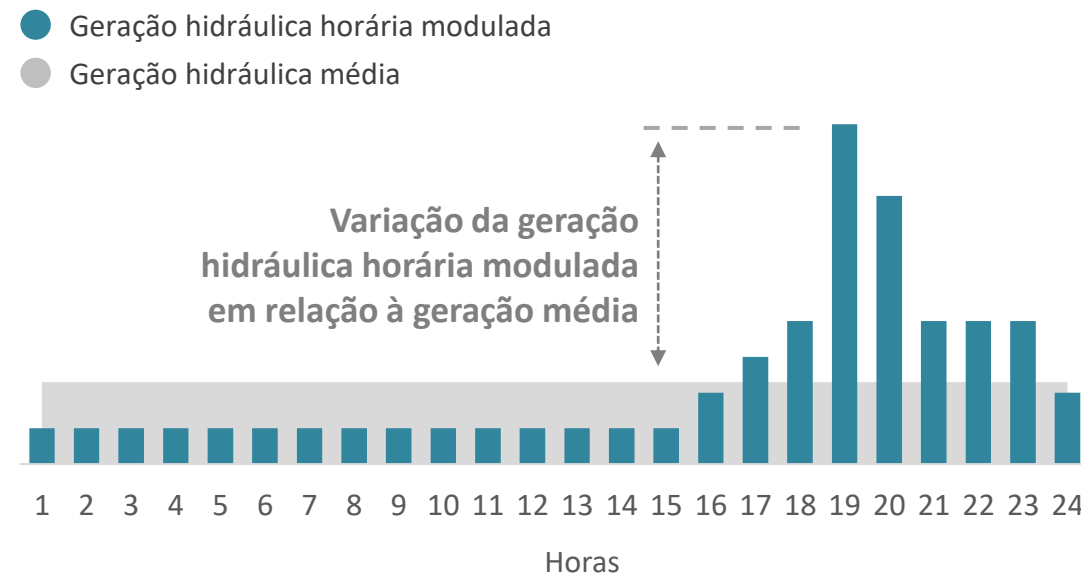
## Potência Disponível Máxima (% da potência efetiva)



A variação do nível afeta a disponibilidade de potência das usinas com reservatório de regularização

Considerando a modulação máxima da geração, conforme disponibilidade hidráulica e restrições de vazão mínima

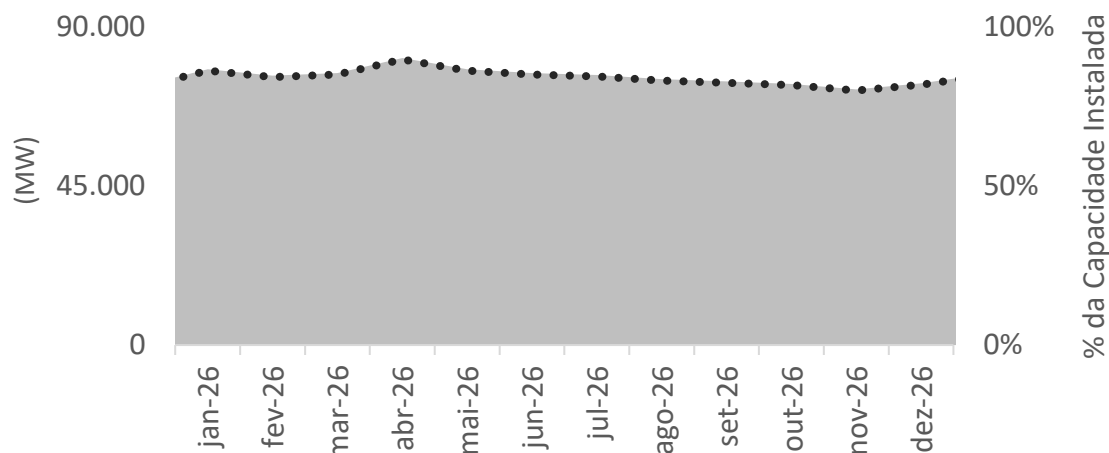
## Modulação da Geração Hidráulica (% da Capacidade Instalada)



Em cenários hidrológicos mais secos, a possibilidade de modulação da geração reduz para atender às restrições de vazão mínima

Para as Hidrelétricas do SIN, é calculada a potência disponível máxima considerando a variação do volume dos reservatórios e a modulação de acordo com a disponibilidade hidráulica

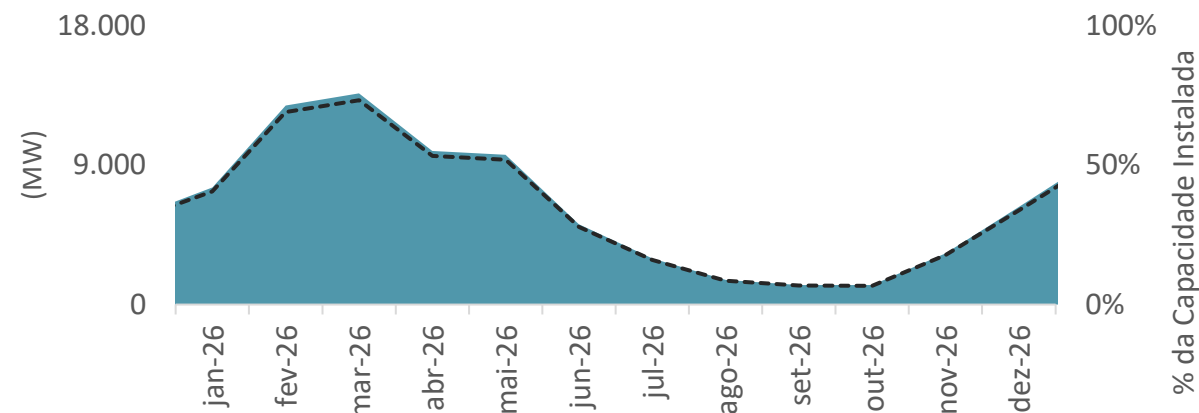
### Disponibilidade de Hidrelétricas para Requisito de Capacidade



- **Motivo:** A partir das características operativas de cada usina, é possível obter valores de disponibilidade para vários cenários hidrológicos e níveis dos reservatórios.

Exceto para Belo Monte e o Complexo do Madeira, que são usinas a fio d'água com forte sazonalidade. Para estas é considerada a geração mensal obtida na simulação energética

### Disponibilidade de UHE com Forte Sazonalidade

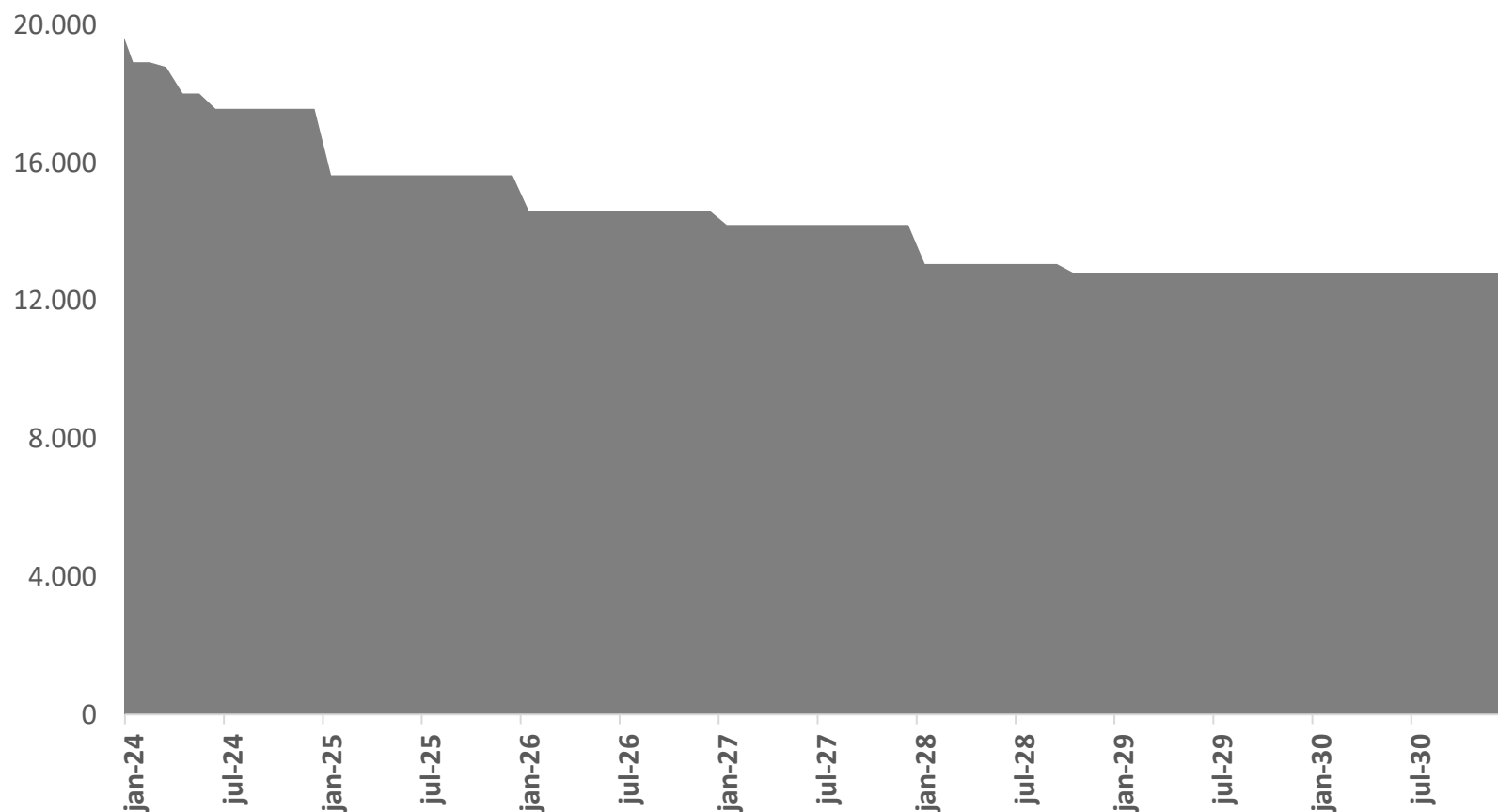


- **Motivo:** São usinas preponderantemente a fio d'água, com vazões afluentes que apresentam grande variabilidade em bases mensais.

Para as usinas hidráulicas, apresenta-se a média da disponibilidade hidráulica correspondente aos 5% piores cenários hidrológicos do SIN

## Disponibilidade de Térmicas para Capacidade (MW)

Potência Efetiva (Capacidade instalada abatendo TEIF e IP e considerando FCmáx)



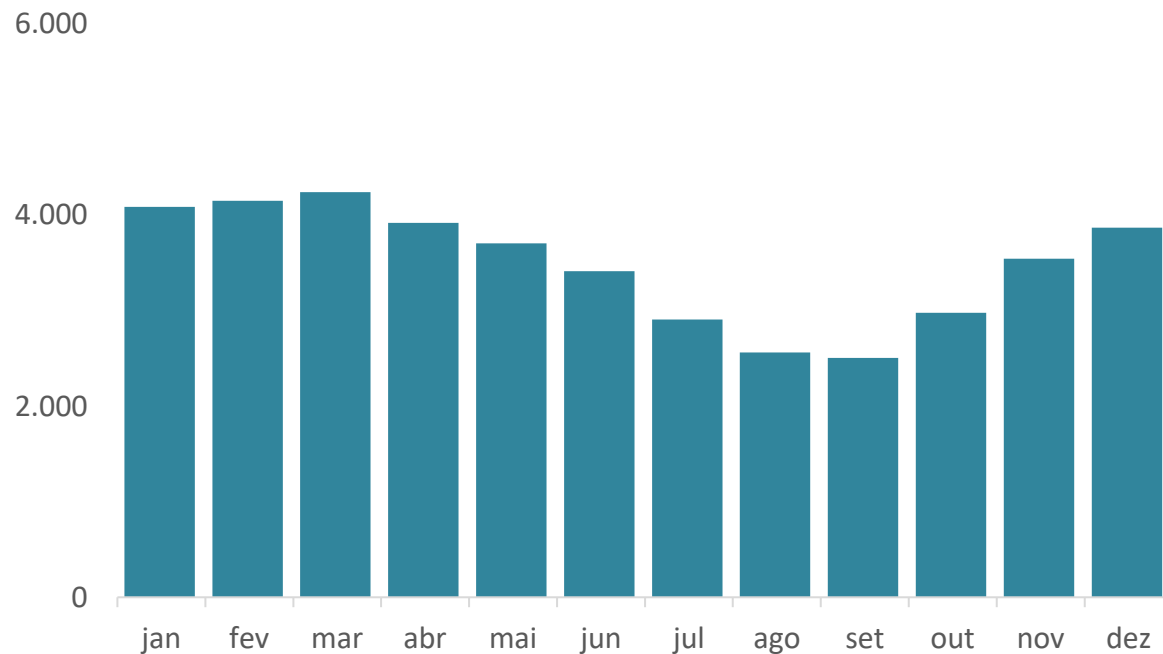
Premissas para retirada de usinas termelétricas existentes (que serão candidatas a *retrofit* na expansão indicativa):

- Término do CCEAR (gás natural / óleo diesel / óleo combustível)
- Fim dos subsídios do PPT (GN) e CDE (Carvão)
- Fim da vida útil da usina

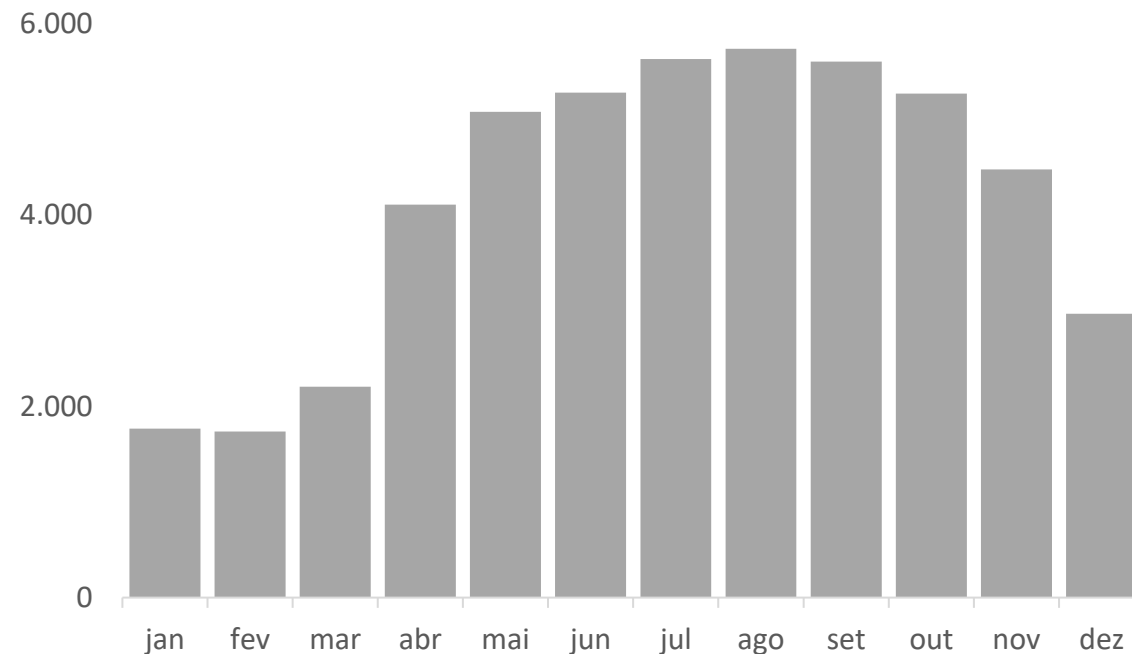
### Legenda:

- TEIF – Taxa de Indisponibilidade Forçada
- IP – Indisponibilidade Programada
- FCmáx – Fator de Capacidade Máximo

### Disponibilidade de PCH para Requisito de Capacidade (MW)



### Disponibilidade de Biomassa para Requisito de Capacidade (MW)



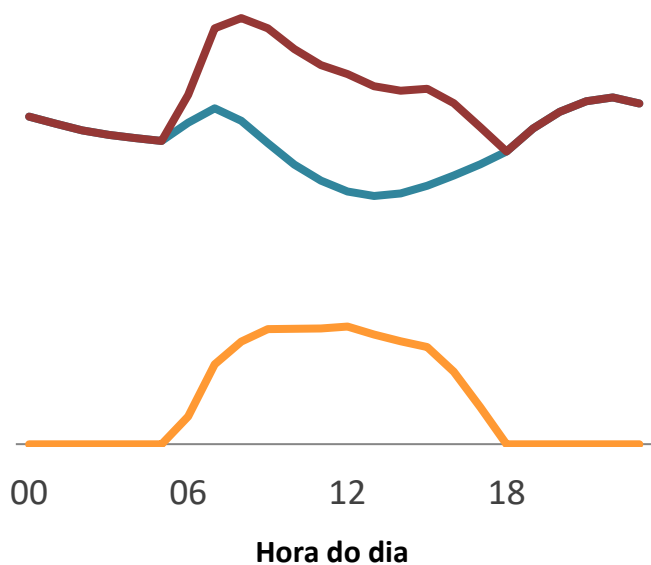
**A disponibilidade é considerada de forma aproximada como sendo o valor médio mensal da sua geração**

Motivo: Atualmente, o despacho dessas usinas não é realizado de forma centralizada. Acrescenta-se ainda a baixa sinalização dos atuais patamares de PLD para o incentivo da modulação dessas fontes, o que pode evoluir com o preço horário.

O comportamento horário da geração eólica e fotovoltaica apresenta diferenças que permitem um melhor aproveitamento do efeito portfólio

## Disponibilidade de potência (MW)

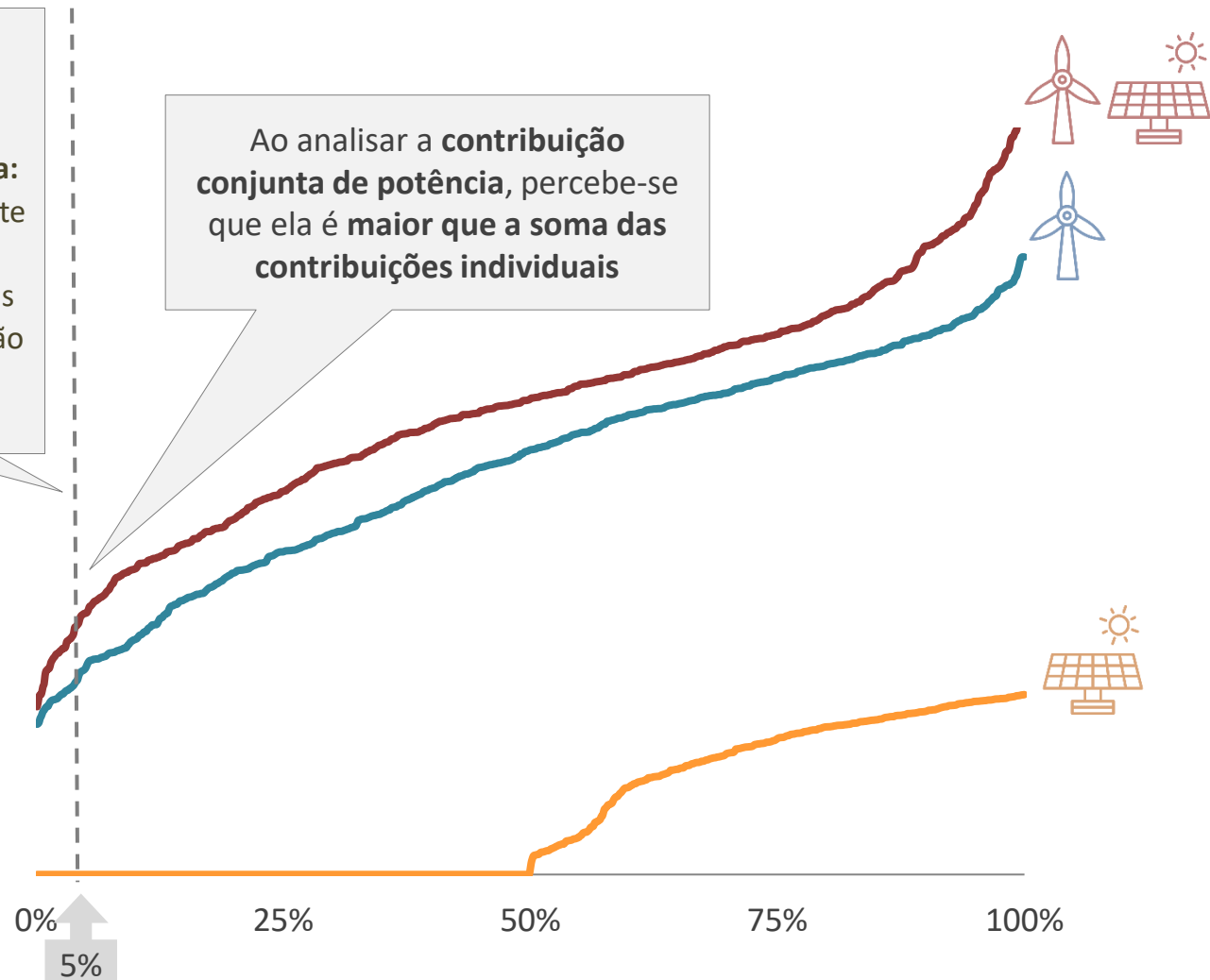
- Eólica
- Solar
- Eólica e Solar



## Permanência da disponibilidade de capacidade (MW)

P95 da contribuição de potência conjunta: (quantil equivalente aos 5% piores cenários) de todas as horas de geração para cada mês.

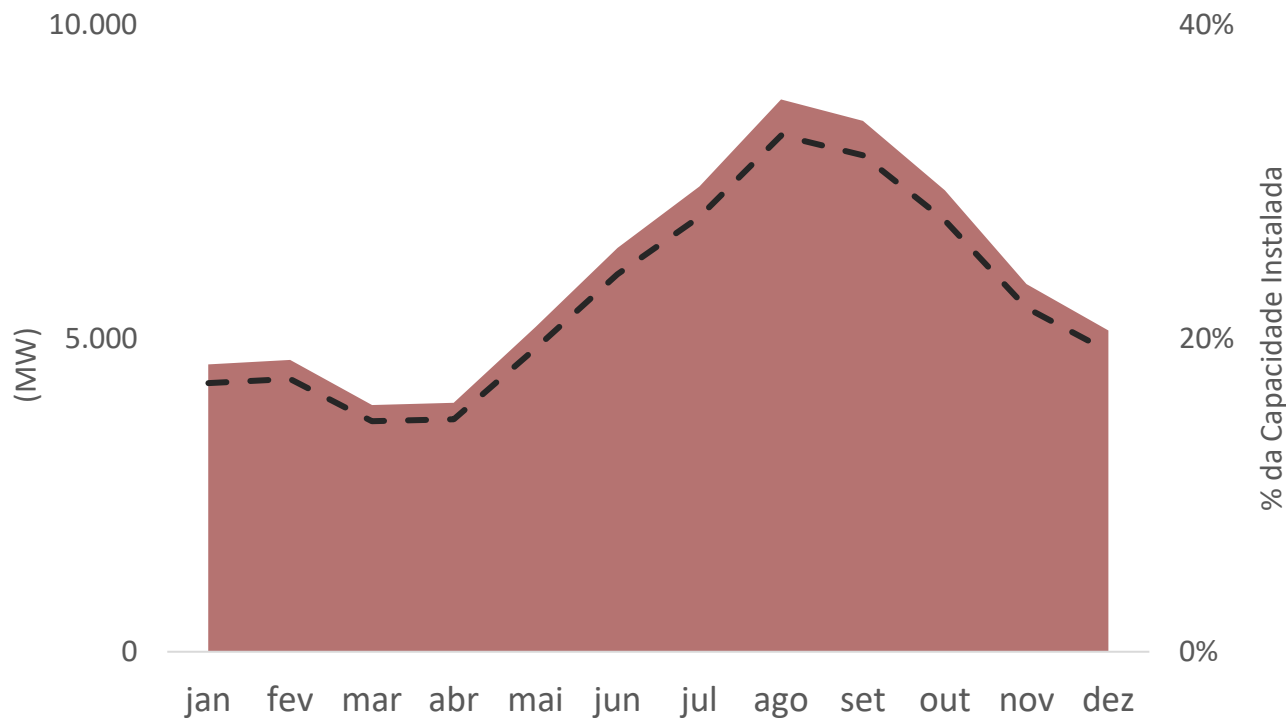
Ao analisar a contribuição conjunta de potência, percebe-se que ela é maior que a soma das contribuições individuais



## Contribuição de Eólicas e Fotovoltaicas

Ano de exemplo: 2026

- Contribuição conjunta (MW)
- % da capacidade instalada

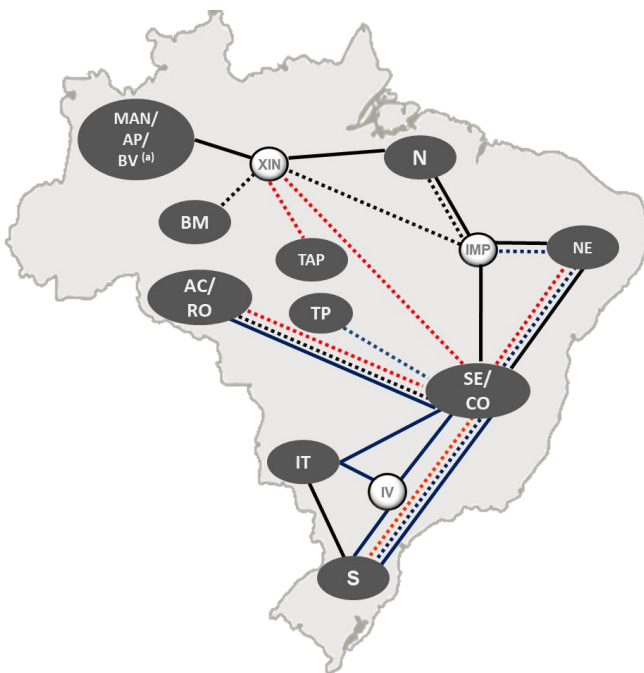


- A partir das medições anemométricas (obtidas com o sistema AMA) e dos dados de irradiação (obtidos através do INPE), o PDE vêm estudando os benefícios que o efeito portfólio traz ao sistema. Ao agregar a geração de cada fonte estimada a partir das séries horárias de longo prazo, mantendo a correlação temporal, a contribuição de capacidade conjunta é obtida através do P95 (quantil equivalente aos 5% piores cenários) de todas as horas de geração para cada mês;

O cálculo da contribuição conjunta das duas principais tecnologias não controláveis existentes no SIN no horizonte decenal é um avanço que o PDE 2030 traz na análise de atendimento da capacidade de potência;

- Esse processo evolutivo está em andamento e a discussão é fundamental para o seu aperfeiçoamento.

O Brasil possui uma vasta malha de transmissão que permite aproveitar as diferentes características dos recursos existentes em cada região.



Por isso, a análise das condições de atendimento de capacidade de potência leva em consideração não só a disponibilidade das fontes por região, como também os limites existentes entre as interligações para todos os subsistemas

Essa análise é realizada através de um problema de otimização, cuja função objetivo é minimizar o custo de operação no atendimento à demanda máxima de cada região, considerando as restrições de intercâmbio, disponibilidade de potência em cada usina, custo variável unitário (CVU) das usinas termelétricas e custo do déficit de potência.

O detalhamento da operação para avaliar o atendimento aos critérios de suprimento de capacidade nos subsistemas é realizado através de uma ferramenta de balanço de potência, que é acoplada aos resultados da simulação energética do Plano Decenal obtidos com o modelo NEWAVE.

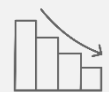
Imagens: Ícones desta apresentação feitos por [lcongeek26](https://www.flaticon.com) de [www.flaticon.com](https://www.flaticon.com)



O PDE 2029 apresentou, já a partir de 2024, expansão termelétrica com elevada contribuição para o suprimento da capacidade de potência no cenário de referência. Sensibilidades demonstraram que outras tecnologias também são viáveis para esse suprimento, como modernização de UHE, resposta da demanda e tecnologias de armazenamento.



Em 2019, após a aprovação dos novos Critérios de Suprimento de energia e de potência, foi realizada reavaliação do montante de indicação de expansão no horizonte do PDE. Nessa avaliação, confirmou-se que, em 2024, já haveria a necessidade de indicação fontes específicas para o atendimento do requisito de capacidade.



A pandemia de COVID-19 provocou um impacto expressivo na economia, resultando em uma redução na projeção da demanda de potência ao longo do horizonte, se comparada com o PDE 2029. Em 2029, esta redução é da ordem de 10 GW.



Essa redução da demanda, aliada à entrada futura de novos empreendimentos que já venceram os últimos leilões e a perspectiva de entrada para o ACL, tornou necessária uma nova avaliação das condições de atendimento, o que irá compor o requisito de capacidade para o PDE 2030. Para esse novo cenário de projeção da economia, utilizado no PDE 2030, verificou-se que a necessidade de capacidade de potência postergou de 2024 para o segundo semestre de 2026.



A EPE realiza reavaliações constantes da necessidade de capacidade de potência do sistema, considerando vários cenários de projeção econômica, de expansão no horizonte do Plano Decenal, de disponibilidade das fontes e também considerando possíveis aperfeiçoamentos metodológicos. Essa avaliação é realizada através de uma ferramenta própria de Balanço de Potência, que permite realizar uma avaliação energética global do SIN e também locacional (para cada subsistema) do atendimento aos novos requisitos de capacidade de potência.





[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)

**Diretor**

Erik Eduardo Rego

**Coordenação Técnica**

Bernardo Folly de Aguiar  
Renato Haddad S. Machado  
Thiago Ivanoski Teixeira

**Equipe Técnica**

Simone Quaresma Brandão  
Renata de Azevedo Moreira da Silva  
Glaysson de Mello Muller  
Leandro Pereira de Andrade  
Roney Nakano Vitorino



**EPE - Empresa de Pesquisa Energética**  
Avenida Rio Branco, 1 - 11º andar  
20090-003  
Centro - Rio de Janeiro

