

# PDE 2034

Estudos do Plano Decenal de  
Expansão de Energia 2034

## Consulta Pública do PDE 2034

Energia Elétrica

08 de novembro 2024



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



## Ficha técnica



Ministro de Estado

**Alexandre Silveira de Oliveira**

Secretário Executivo

**Arthur Cerqueira Valerio**

Secretário de Energia Elétrica

**Gentil Nogueira de Sá Junior**

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

**Vitor Eduardo de Almeida Saback**

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

**Pietro Adamo Sampaio Mendes**

Secretário de Transição Energética e Planejamento

**Thiago Vasconcellos Barral Ferreira**

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

Rio de Janeiro, 2024

Foto da capa: Freepik



Presidente

**Thiago Guilherme Ferreira Prado**

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

**Thiago Ivanoski Teixeira**

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

**Reinaldo da Cruz Garcia**

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

**Heloisa Borges Bastos Esteves**

Diretor de Gestão Corporativa

**Carlos Eduardo Cabral Carvalho**

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

## PDE 2034

Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034

Apresentação MME

**Consulta Pública PDE**

Coordenação Executiva

**Gustavo Cerqueira Ataíde**

Coordenação Técnica

**Patricia Costa Gonzalez de Nunes**

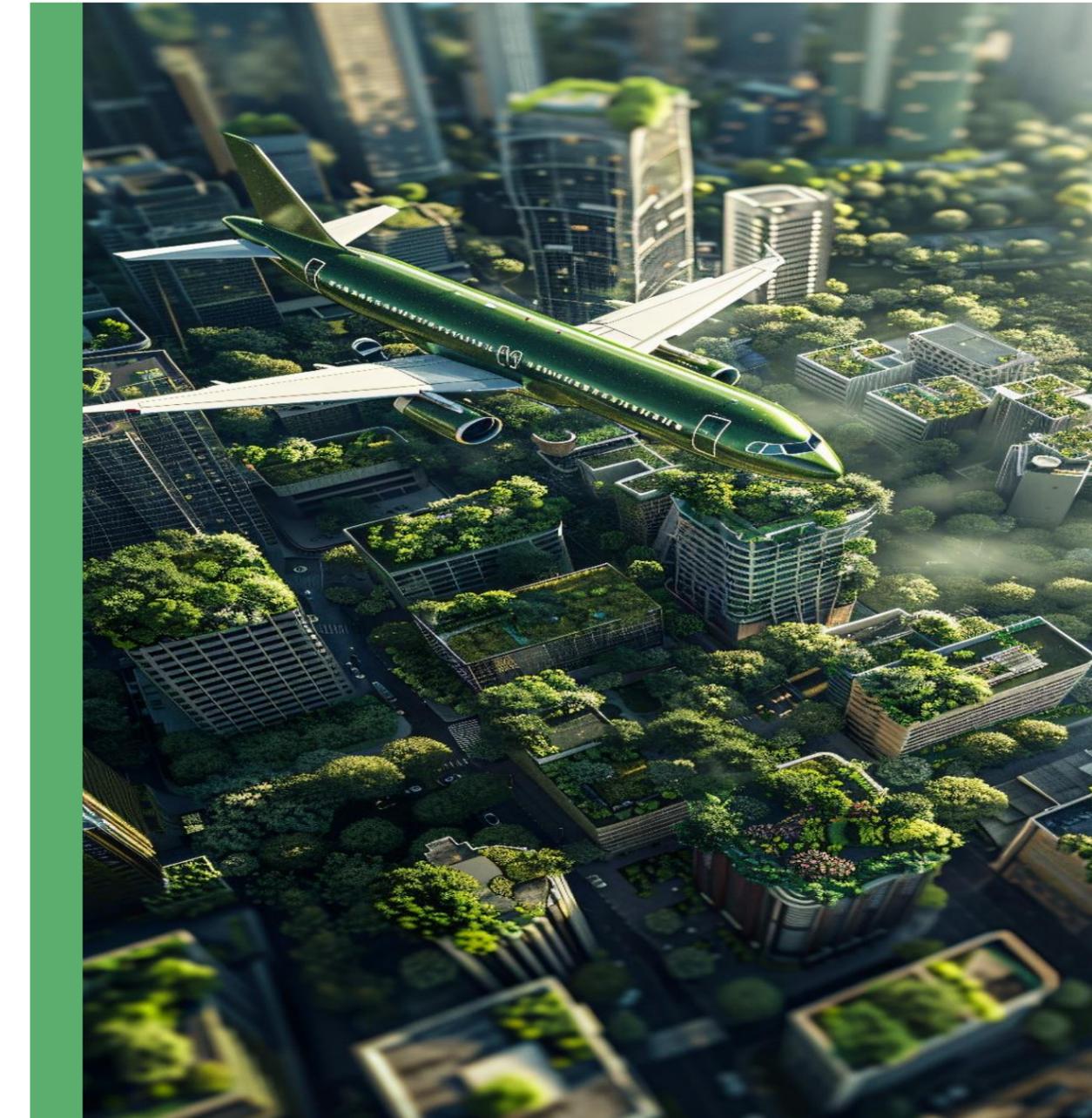
Equipe Técnica

**Juliana Rangel do Nascimento**

## Valor público

Esta apresentação contém uma síntese dos estudos realizados e dos resultados obtidos para o Plano Decenal de Energia 2034, endereçando questões relevantes para a sociedade em relação ao planejamento da infraestrutura energética do país para o horizonte de estudo.

O documento aborda os macro temas: energia elétrica, petróleo, gás natural e bioenergia, bem como destaca aspectos relacionados a questões socioambientais, renovabilidade da matriz, transição energética, indicadores energéticos e resumo dos investimentos necessários para a expansão da matriz energética brasileira, entre outras informações.



**PDE** 2034

## Estudos da Transmissão em Destaque

# Estudo para Expansão das Interligações Regionais



Em função das grandes distâncias envolvidas (2.000 a 3.000 km), soluções em corrente contínua em alta tensão (HVDC) mostram-se atrativas para a integração e escoamento eficiente dos excedentes de geração regionais, bem como para agregar controlabilidade e flexibilidade operativa para a rede de transmissão. Estão em análise alternativas baseadas nas tecnologias **LCC (Line-Commutated Converter)** e **VSC (Voltage Source Converter)**.

Estudo com foco no aumento da capacidade de exportação da região Nordeste e na capacidade de importação da região Sul, com as principais premissas a serem atendidas:

- Proporcionar a **integração segura de 10 GW adicionais** de geração renovável na região Nordeste (contabilizando ao todo cerca de 57 GW em capacidade instalada EOL e UFV), o que requer um **aumento da capacidade de exportação da região Nordeste entre 3 GW e 4 GW** a partir de 2032.
- Possibilitar o **aumento da capacidade de importação da região Sul em até 4 GW**, com escalonamento da solução em duas etapas, sendo 2 GW a partir de 2032 e 2 GW a partir de 2036.

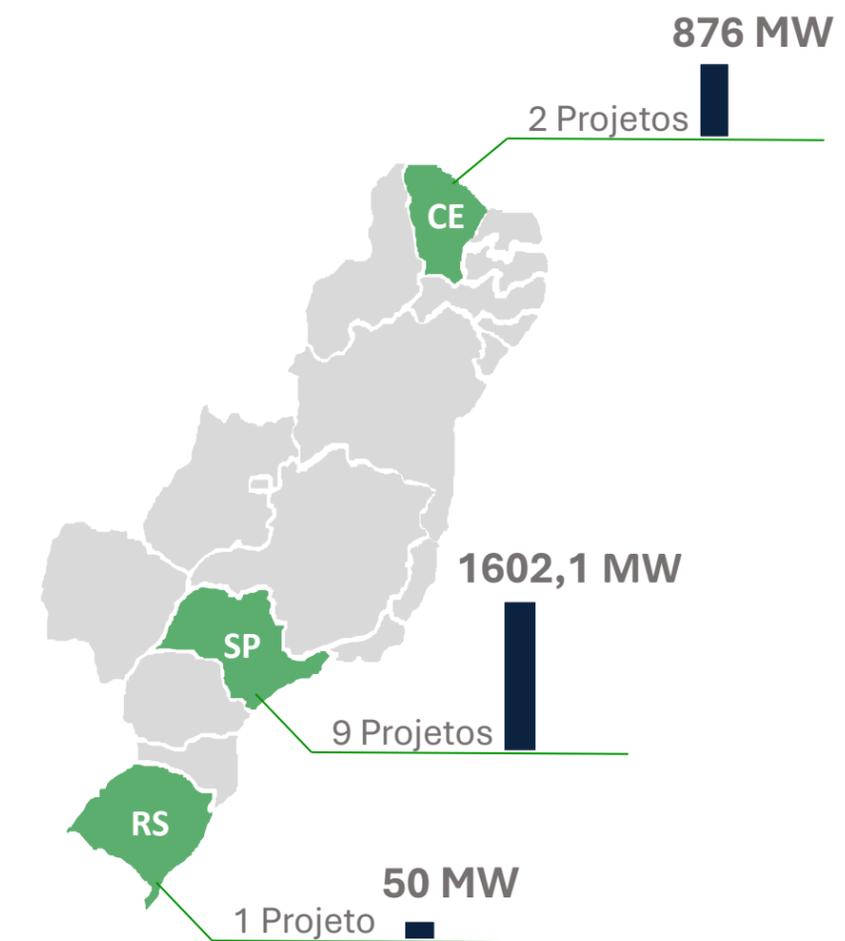
# Estudo para Atendimento a Cargas de Data Centers

- Usados para armazenar, processar e distribuir dados, os **Data Centers** têm crescido consideravelmente pelo Brasil, principalmente com o avanço da **inteligência artificial**.
- Informações sobre projetos que protocolaram processo de conexão à Rede Básica junto ao MME até junho de 2024, mostram que a evolução da carga prevista para os *Data Centers* terá um grande crescimento nos próximos anos, chegando a **2,5 GW até 2037**, só considerando novos projetos nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Ceará.
- Em razão dessa elevada demanda dos *Data Centers*, a **EPE** tem realizado **estudos de planejamento** considerando a prospecção de crescimento dessas cargas no horizonte de médio a longo prazo.
- Tendo em vista a maior concentração dos projetos de *Data Centers* no estado de São Paulo, notadamente nas **Regiões Metropolitanas de São Paulo e Campinas**, constam da **Programação de Estudos do ano de 2024** ([link](#)) dois estudos de expansão da transmissão que abrangem essas regiões: i) **Reforço do sistema da região central da cidade de São Paulo (parte I e II)** e ii) **Atendimento à região de Campinas, Bom Jardim e Itatiba (partes I e II)**.



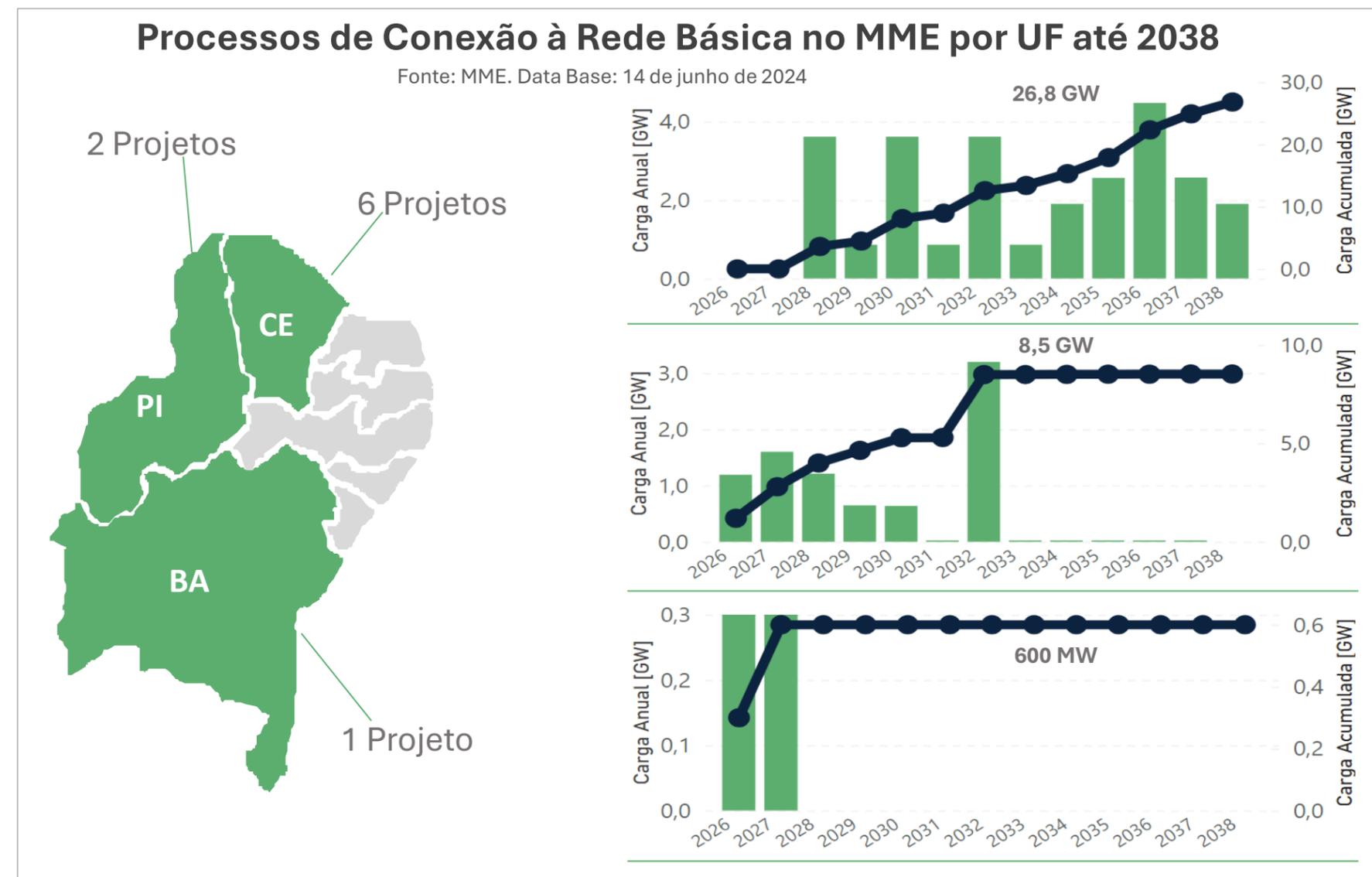
Foto: Alacatr | GettyImages.

## Demanda Total até 2037 por UF (MW)



# Estudo para Atendimento a Cargas de Hidrogênio

- Devido ao elevado nível de renovabilidade da matriz elétrica brasileira e à alta disponibilidade de fontes renováveis para expansão, o Brasil tem sido identificado como um mercado promissor para a produção de hidrogênio via eletrólise.
- 9 projetos já protocolaram processos de conexão à Rede Básica junto ao MME, com uma demanda acumulada de **35,9 GW até 2038**. Esse valor corresponde a mais que o dobro do pico de carga atual de toda a Região Nordeste, em torno de **16,0 GW**, medida em novembro de 2023.
- Em razão dessa elevada demanda de projetos relacionados à indústria do hidrogênio, fortemente concentrados na Região Nordeste, a EPE tem programado para iniciar, **em 2024**, um estudo prospectivo de expansão da transmissão que levará em consideração **cenários de crescimento de cargas** desse tipo no horizonte de médio a longo prazo.
- Um dos principais desafios desse estudo será definir qual o **montante de carga de hidrogênio** para o qual o sistema de transmissão será dimensionado.



# Estudo para Aumento de Confiabilidade e Introdução de Novas Tecnologias

## REFORÇOS NO SISTEMA DIT DO ESTADO DE SP

- A parte I do estudo de reforços no sistema DIT do estado de SP foi **finalizada em maio de 2024** e recomenda um conjunto de obras para **reforço sistêmico na região de São José do Rio Preto e Votuporanga**, objetivando aumentar a confiabilidade da rede de 138 kV da região noroeste do estado de São Paulo e atender plenamente ao crescimento da carga na região, assim como propiciar o aumento de margem para conexão de novas fontes de geração nesse sistema.
- Tendo em vista o porte do sistema DIT analisado e em linha com a **visão de inovação tecnológica**, entendeu-se como oportuno avaliar o **portifólio de tecnologias existentes no mercado mundial** que sejam aplicáveis a esse sistema e capazes de sanar os problemas identificados de forma robusta, eficiente e econômica.

- Seguindo os critérios e procedimentos para as análises de mínimo custo global para a expansão do sistema de transmissão, o estudo trouxe um caráter inovador resultante das avaliações do portfólio tecnológico disponível no mercado, recomendando uma solução que utiliza dispositivos **FACTS (Flexible AC Transmission Systems)**, com base em eletrônica de potência para controle de fluxo de potência ativa e otimização da rede existente, até então não utilizada no sistema brasileiro, denominada **SSSC (Static Synchronous Series Compensator)**.



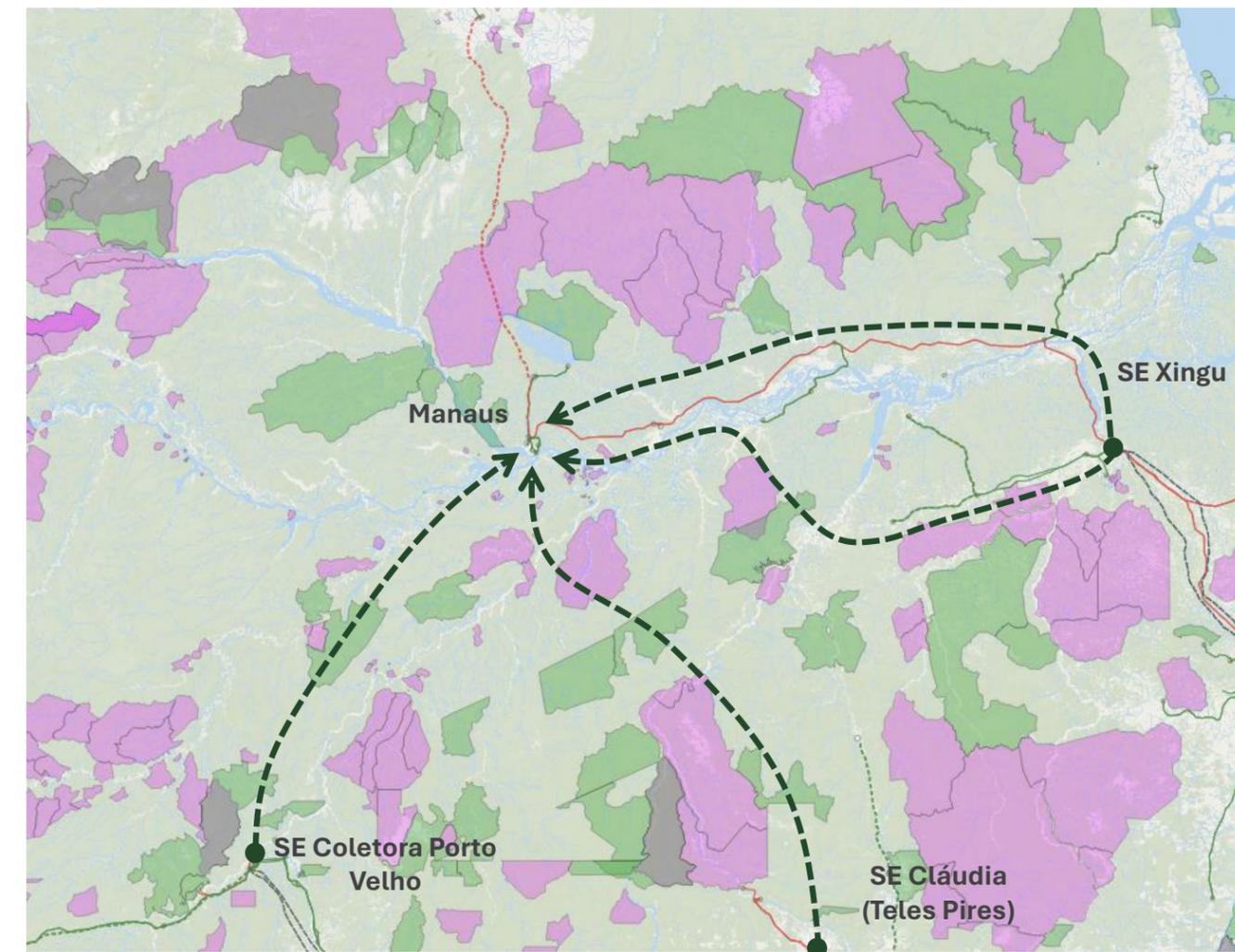
Fotos: ISA Transelca –  
Projeto Santa Marta 220 kV –  
Colômbia.



# Estudo para Redução de Encargos de Serviços de Sistema – Amazonas

- A EPE iniciou a elaboração de estudos de expansão da transmissão para eliminar a necessidade de geração térmica local, especificamente por razões de confiabilidade, relacionadas à **perda dupla** dos circuitos da interligação Tucuruí-Macapá-Manaus.
- O estudo conta com vários **desafios técnicos**, como as grandes distâncias envolvidas e a necessidade de implantação de estruturas especiais para as torres de transmissão, adaptadas às travessias de grandes rios, formações florestais e áreas alagadiças.
- Além dos desafios técnicos, o estudo conta com imensos **desafios socioambientais**, por estar inserido no bioma amazônico e pela presença de terras indígenas e unidades de conservação.
- O estudo está sendo elaborado com a participação do ONS, de forma a garantir que os critérios de operação e de planejamento **estejam alinhados** na operação futura da solução a ser definida pela EPE.

## Alternativas em estudo para reforço no atendimento ao Amazonas



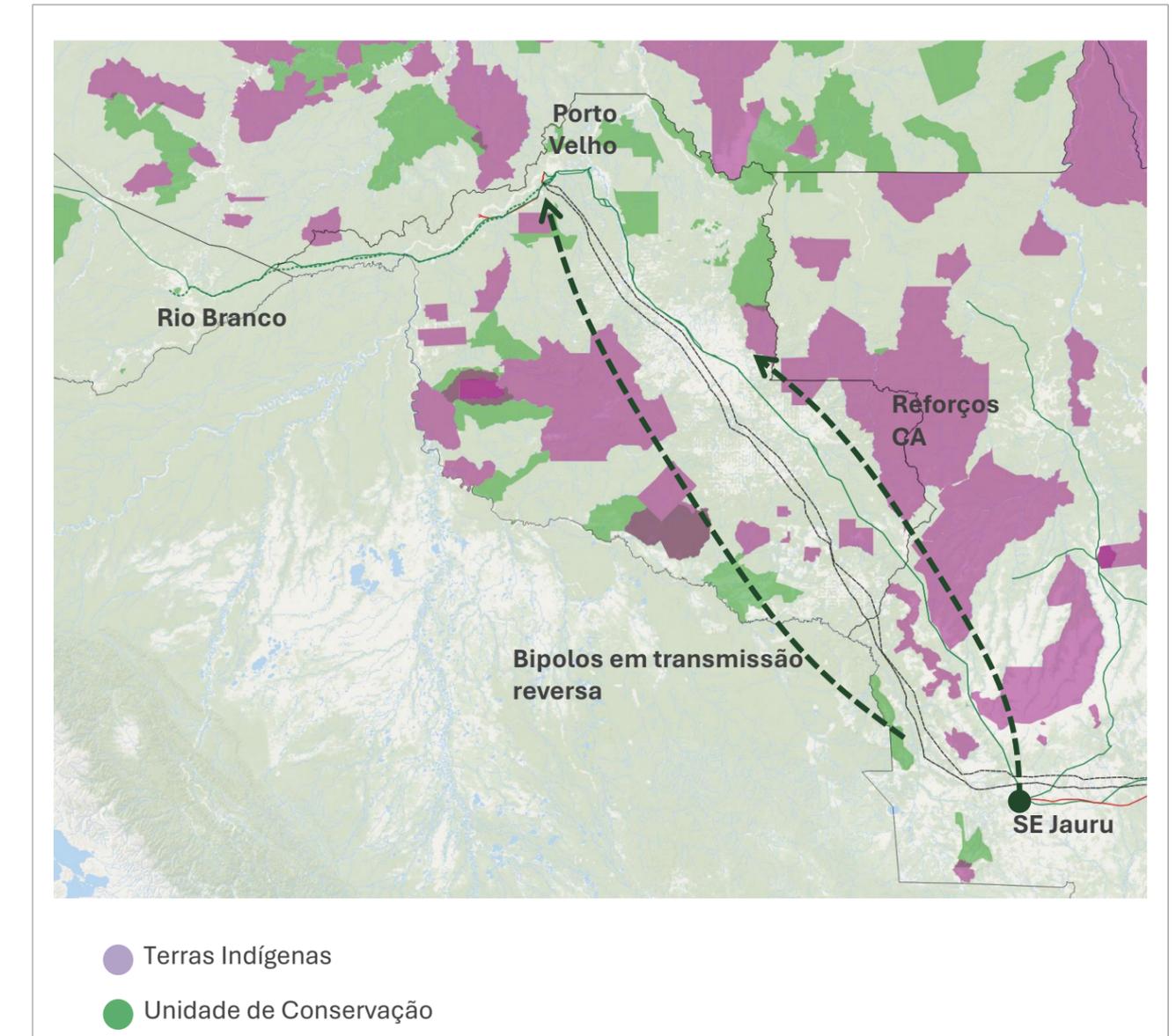
# Estudo para Aumento da Resiliência frente a Eventos Climáticos Extremos – AC/RO



Rio Madeira tem menor nível em 56 anos, diz Agência Nacional de Águas

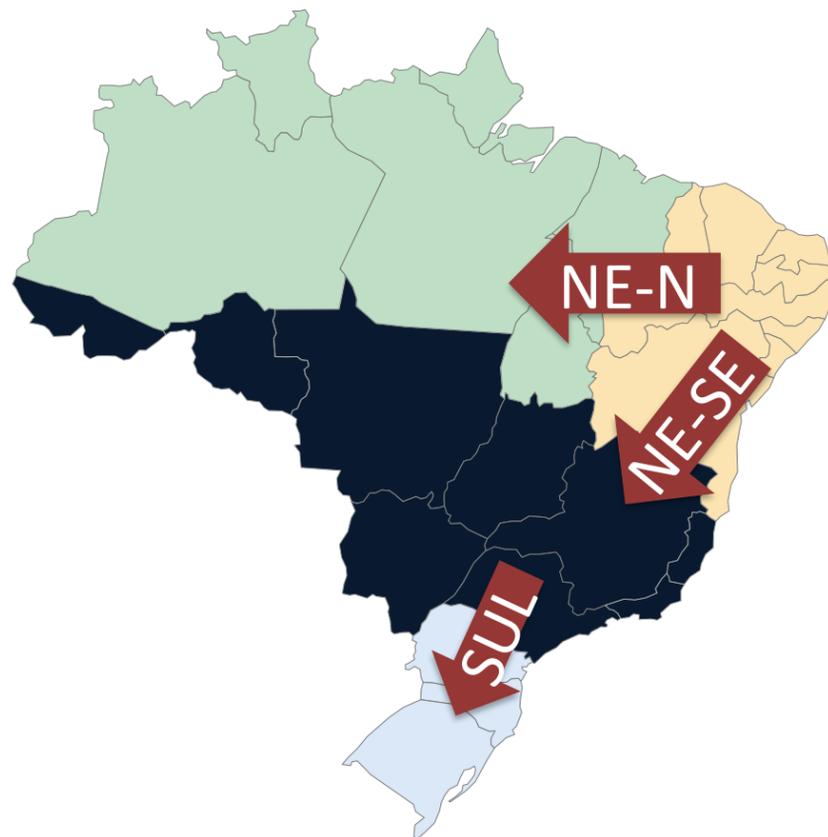
- A região norte do Brasil enfrentou uma grave escassez hídrica em 2023, levando a baixas afluências do Rio Madeira e **perda de toda a geração na UHE Santo Antônio.**
- O atendimento aos estados do Acre e Rondônia é fortemente dependente das usinas do Rio Madeira. **Eventos climáticos extremos**, como o citado acima, resultam em desafios para garantir o suprimento de energia local. 3

- A partir de **deliberação do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE)**, a EPE iniciou estudos para avaliação da resiliência do sistema elétrico dos estados de Acre e Rondônia.
- O estudo visa propor medidas para manter o atendimento eletroenergético em futuros **cenários de escassez hídrica e cheias extraordinárias** nas bacias do Rio Madeira.
- A solução que está sendo planejada envolve não apenas **novas ampliações no sistema de 500 kV a partir do estado do Mato Grosso**, mas também a operação dos **bipolos do Madeira em modo reverso** para aumentar a capacidade de exportação de energia para os estados do Acre e Rondônia.



## Evolução dos Limites das interligações Regionais

# Aumento da Capacidade das Interligações Regionais

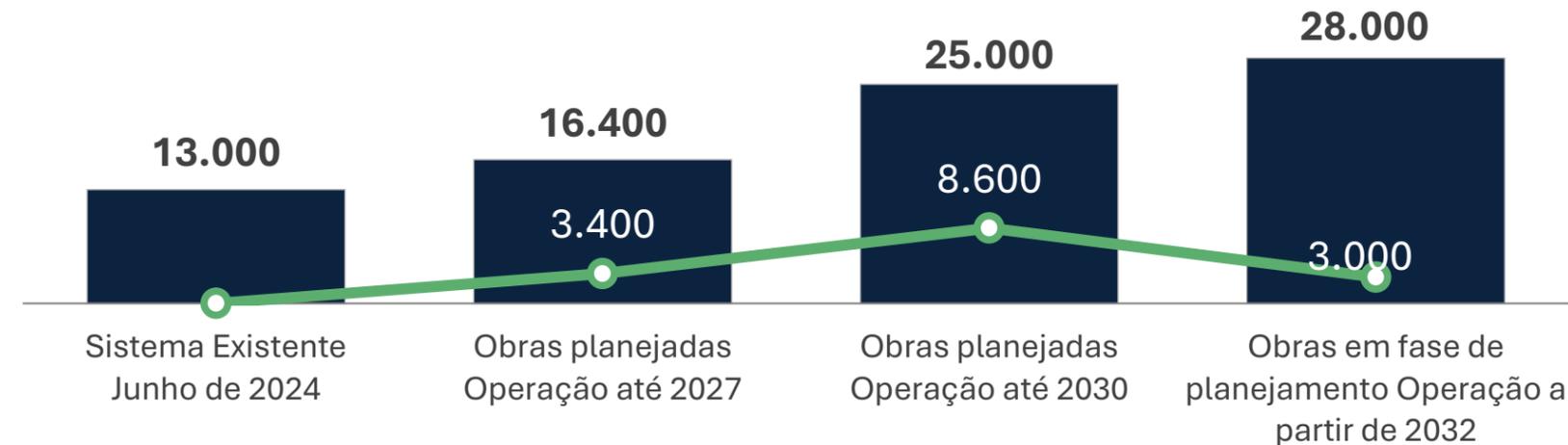


● Limites de importação ou exportação (MW)

● Ganhos incrementais (MW)

Nota: Os valores apresentados correspondem à média de limite de intercâmbio anual. É esperada variação (positiva ou negativa) nesses valores a depender do cenário de carga e geração praticado.

## Evolução da capacidade de exportação da região Nordeste (MW)



## Evolução da capacidade de importação da região Sul (MW)



## Evolução dos Cenários de Expansão da Transmissão Avaliados

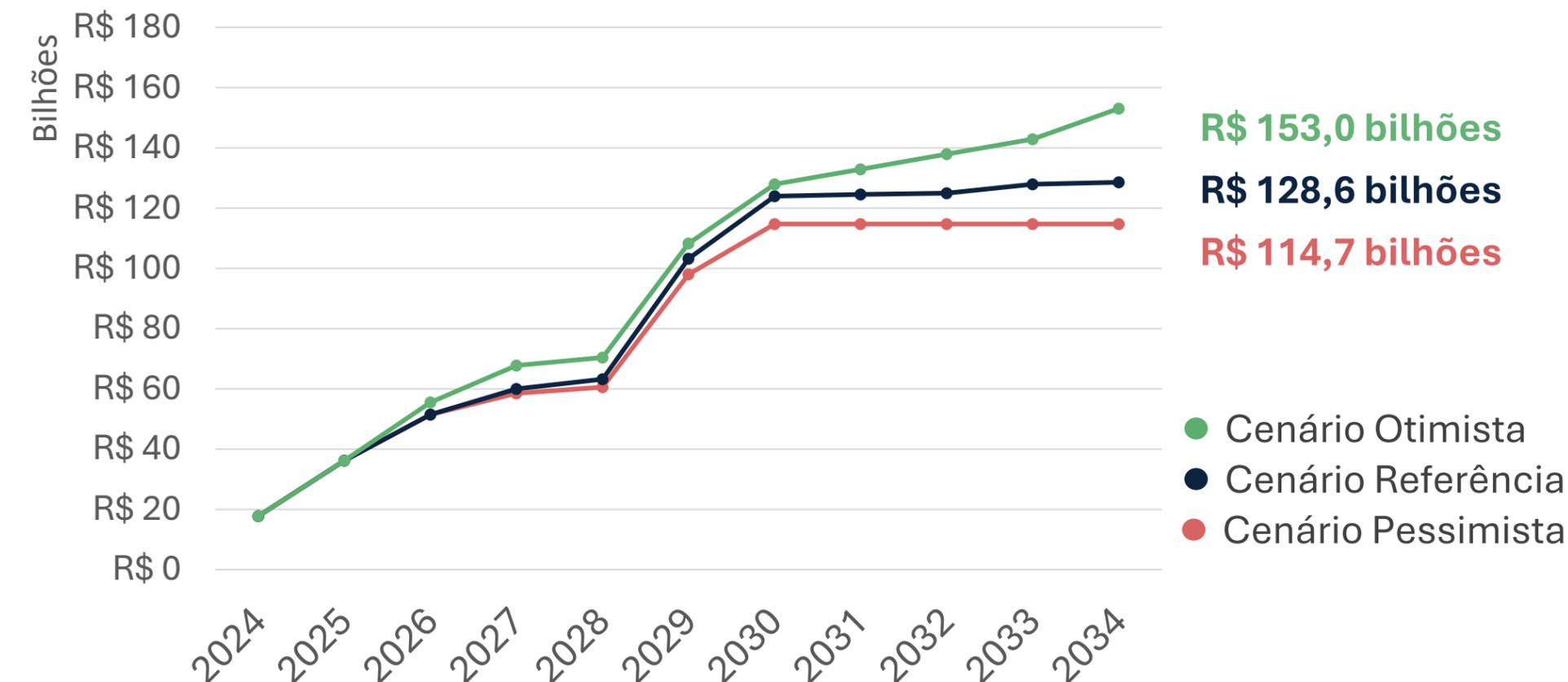
# Caracterização dos Cenários de Expansão

Para o levantamento das estatísticas do PDE 2034, foram considerados apenas os estudos de planejamento concluídos até maio de 2024. Dessa forma, alguns dos estudos referidos na seção “Estudos de Transmissão em Destaque” não foram contemplados.

Para as estatísticas, as obras com outorga foram representadas com as datas que constam nas planilhas de acompanhamento da ANEEL. Já para as **obras ainda sem outorga**, buscou-se avaliar a dinâmica temporal de implantação em três cenários, considerando as incertezas inerentes ao processo de planejamento :

- **Cenário de referência:** cenário base deste PDE; considera a data de necessidade das obras ainda sem outorga conforme os últimos diagnósticos regionais dentro do horizonte de 2034 e a data de tendência de acordo com os prazos médios do processo de outorga.
- **Cenário otimista:** considera antecipações das obras ainda sem outorga em relação à data de tendência do cenário de referência.
- **Cenário pessimista:** não considera a implantação das obras ainda sem outorga.

## Investimentos Acumulados – Cenários PDE 2034



Fonte: EPE

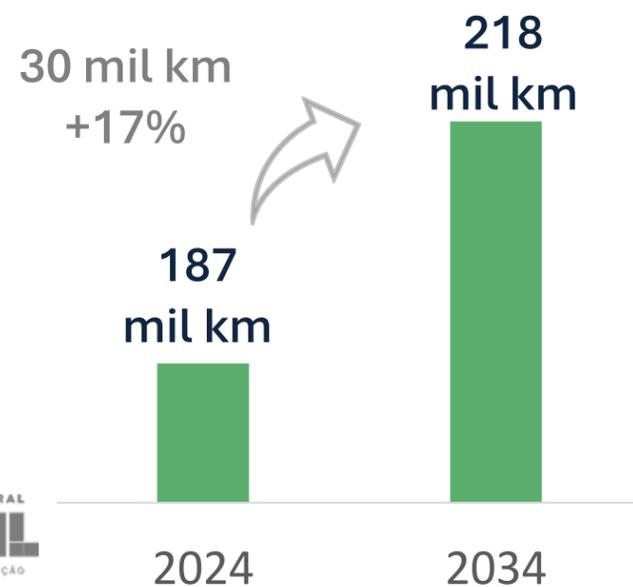
Nota: Investimentos estimados conforme Banco de Preços ANEEL, data base ajustada para dezembro/2022.

# Cenário de Referência: Linhas de Transmissão e Subestações

## Linhas de Transmissão

Tensão	800 kV	750 kV	600 kV	500 kV	440 kV	345 kV	230 kV	Total
Estimativa Dez/2024	9.204	2.706	12.768	74.750	7.072	10.980	69.907	187.387
Evolução 2025-2034	2.936	0	0	20.914	68	499	5.782	30.198
2025-2029	0	0	0	19.985	68	382	4.014	24.450
2030-2034	2.936	0	0	928	0	117	1.767	5.749
Estimativa Dez/2034	12.140	2.706	12.768	95.664	7.140	11.479	75.689	217.586

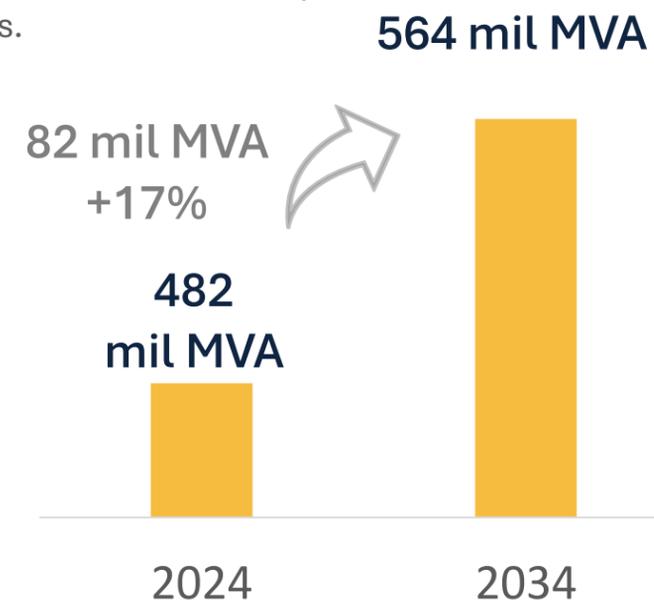
Nota: Extensões em km.



## Subestações

Tensão	800 kV	750 kV	500 kV	440 kV	345 kV	230 kV	Total
Estimativa Dez/2024	15.700	24.897	226.731	31.122	55.379	128.648	481.730
Evolução 2025-2034	10.000	0	37.161	2.381	12.556	20.070	82.168
2025-2029	0	0	29.426	2.381	11.406	14.257	57.470
2030-2034	10.000	0	7.736	0	1.150	5.813	24.699
Estimativa Dez/2034	25.700	24.897	263.892	33.503	67.935	148.718	563.899

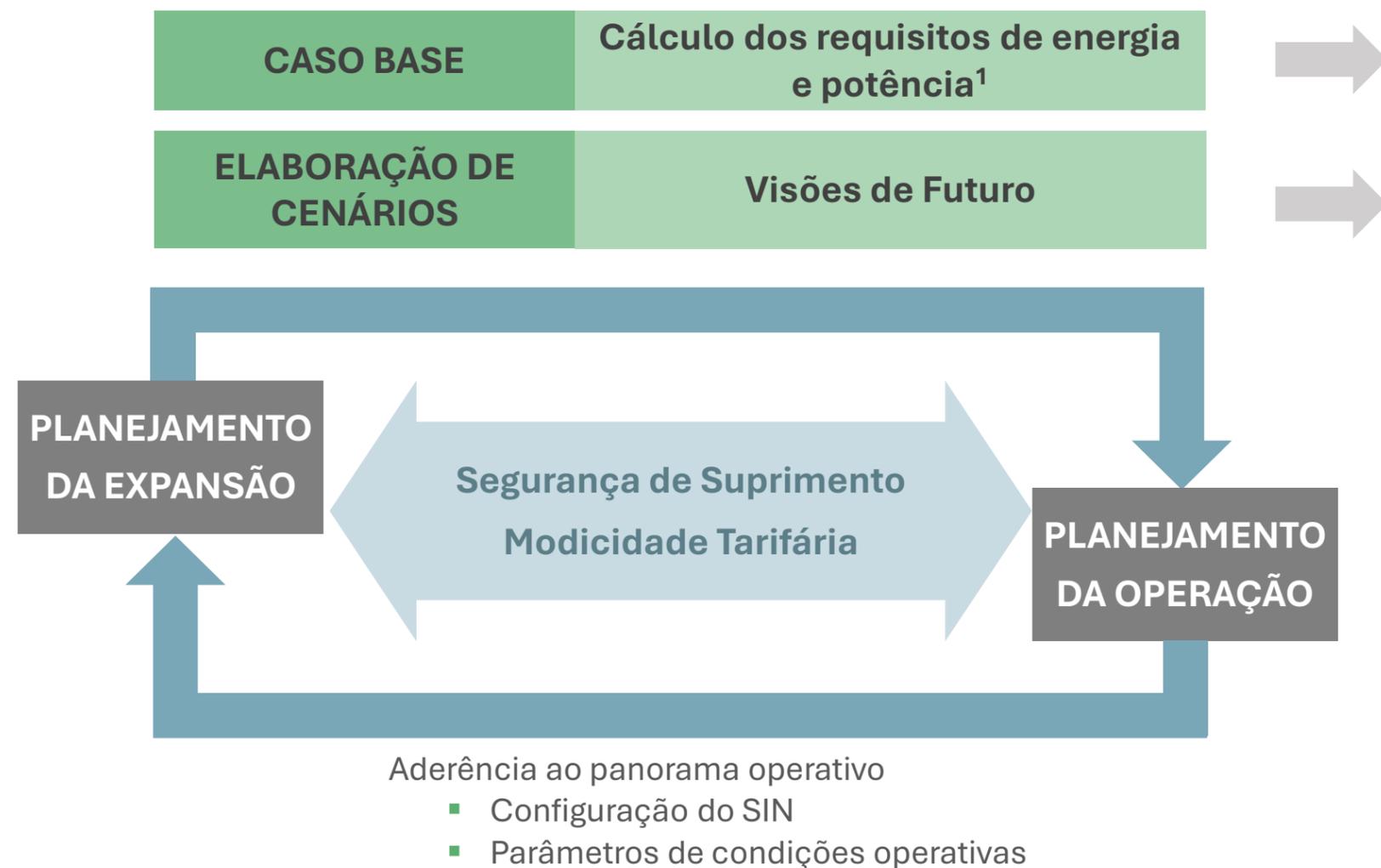
Nota: Potências em MVA, associados à capacidade instalada nominal dos transformadores referenciados ao lado de alta dos equipamentos.



**PDE** 2034

## Principais Mensagens da Oferta de Geração

# Os estudos de planejamento da expansão acompanham o que ocorre na operação do SIN, incorporando e sinalizando possíveis desafios



Saber do que o sistema vai precisar no futuro, nas dimensões de energia e potência.

O PDE 2034 contempla a elaboração de um **Cenário de Referência** e de **análises adicionais** que trazem:

- Tendências da expansão
- Desafios e características operativas futuras
- Necessidade de investimento na expansão

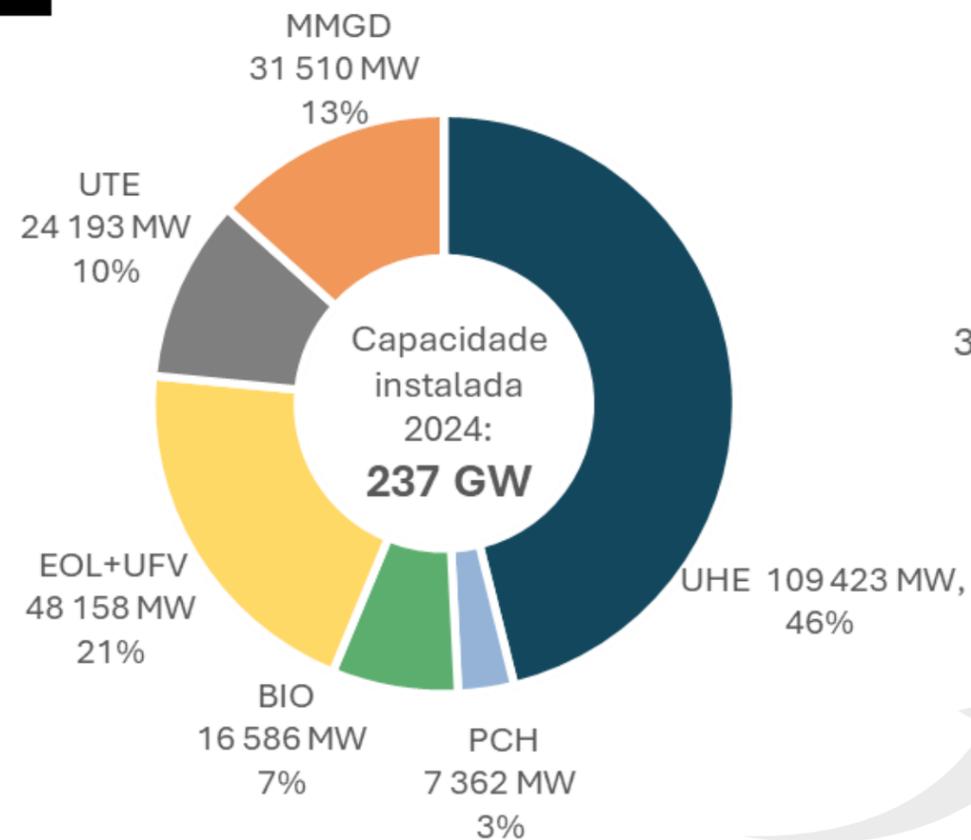
O plano antecipa discussões relevantes e gera insumos para que sejam propostos direcionamentos em relação ao atendimento da demanda de eletricidade para os próximos dez anos.

# Expansão do Cenário de Referência

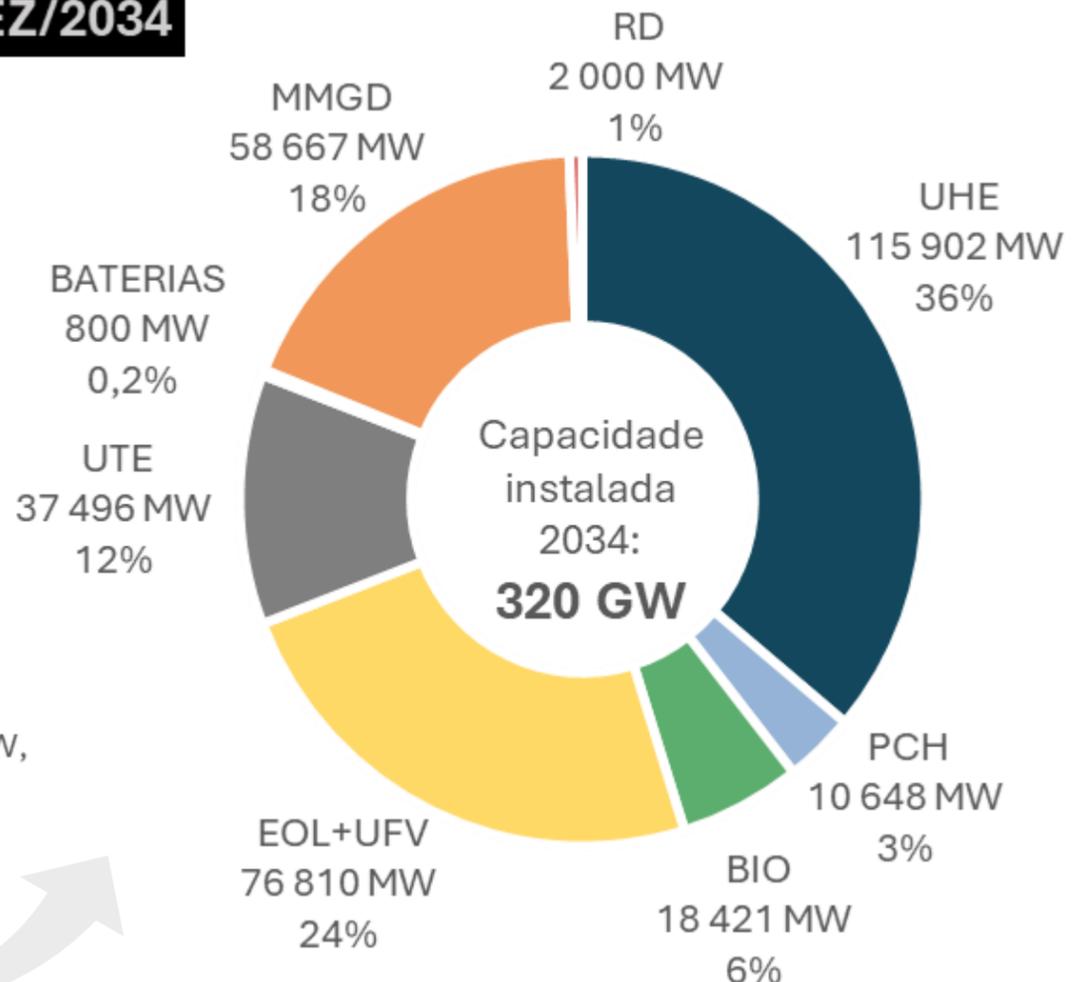
## Capacidade Instalada

DEZ/2034

DEZ/2024



A configuração inicial do sistema tem como base o PMO janeiro/2024

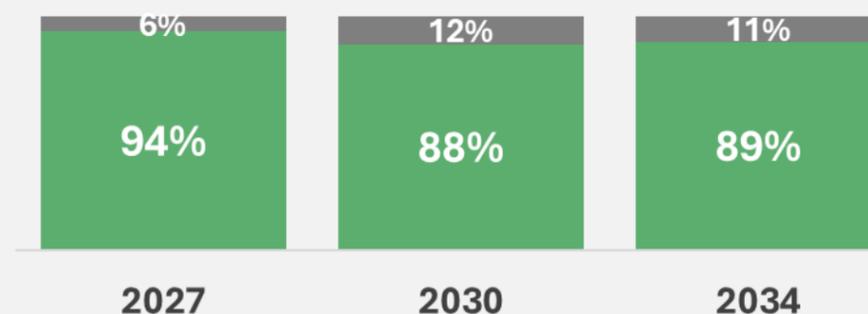


O Cenário de Referência atende aos critérios de segurança de suprimento de energia e potência

Algumas diretrizes e premissas:

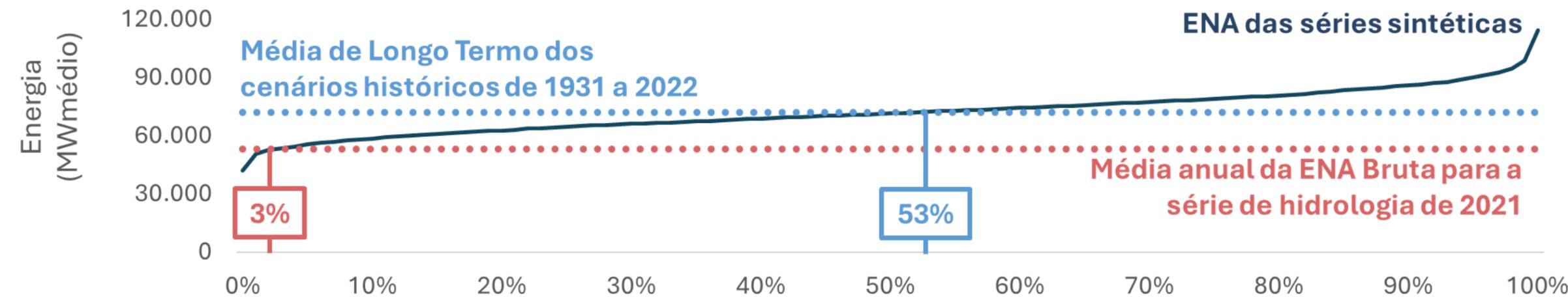
- Baseadas na Lei nº 14.182
  - Mais de 7 GW de termelétricas inflexíveis, além do montante já contratado.
  - Cerca de 50% da demanda declarada pelas distribuidoras dos leilões de energia nova A-5 e A-6 deverão ser destinados à contratação de centrais hidrelétricas de até 50 MW (cinquenta megawatts), até o atingimento de 2.000 MW.
- Renovação dos contratos do PROINFA.
- Manutenção do Complexo Jorge Lacerda, conforme previsto na Lei nº 14.299, de 5 de janeiro de 2022, no Programa de Transição Energética Justa (TEJ).

### Percentual de renovabilidade da geração



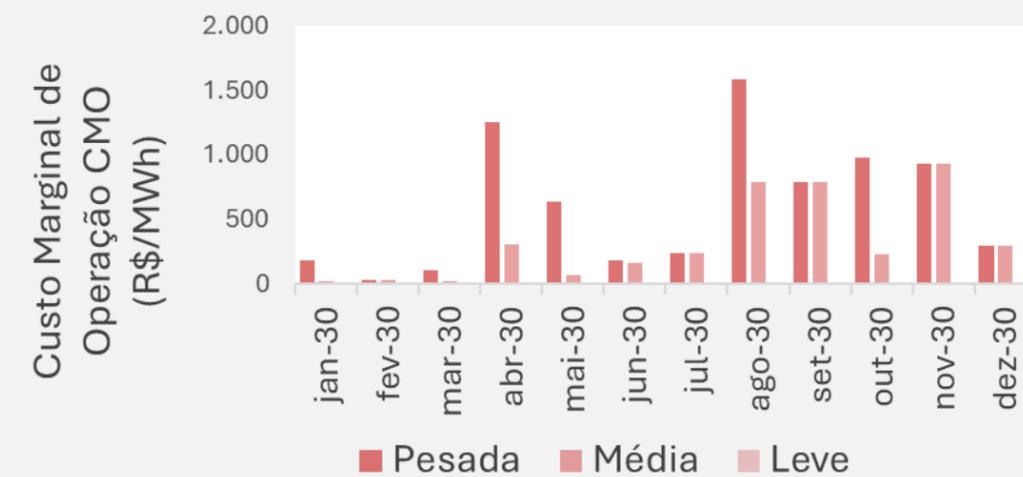
Geração de energia elétrica com **renovabilidade em torno de 90%** no horizonte decenal

# Resiliência no Sistema Elétrico Brasileiro: A expansão está adequada para cenários hidrológicos extremos?



Para avaliar a resiliência do sistema em relação a uma possível escassez hídrica, no PDE 2034 foi analisada a operação caso o cenário hidrológico de 2021, o mais crítico ocorrido recentemente, se repetisse em 2030.

## Operação do Cenário de Referência em 2030 com a série de hidrologia ocorrida em 2021



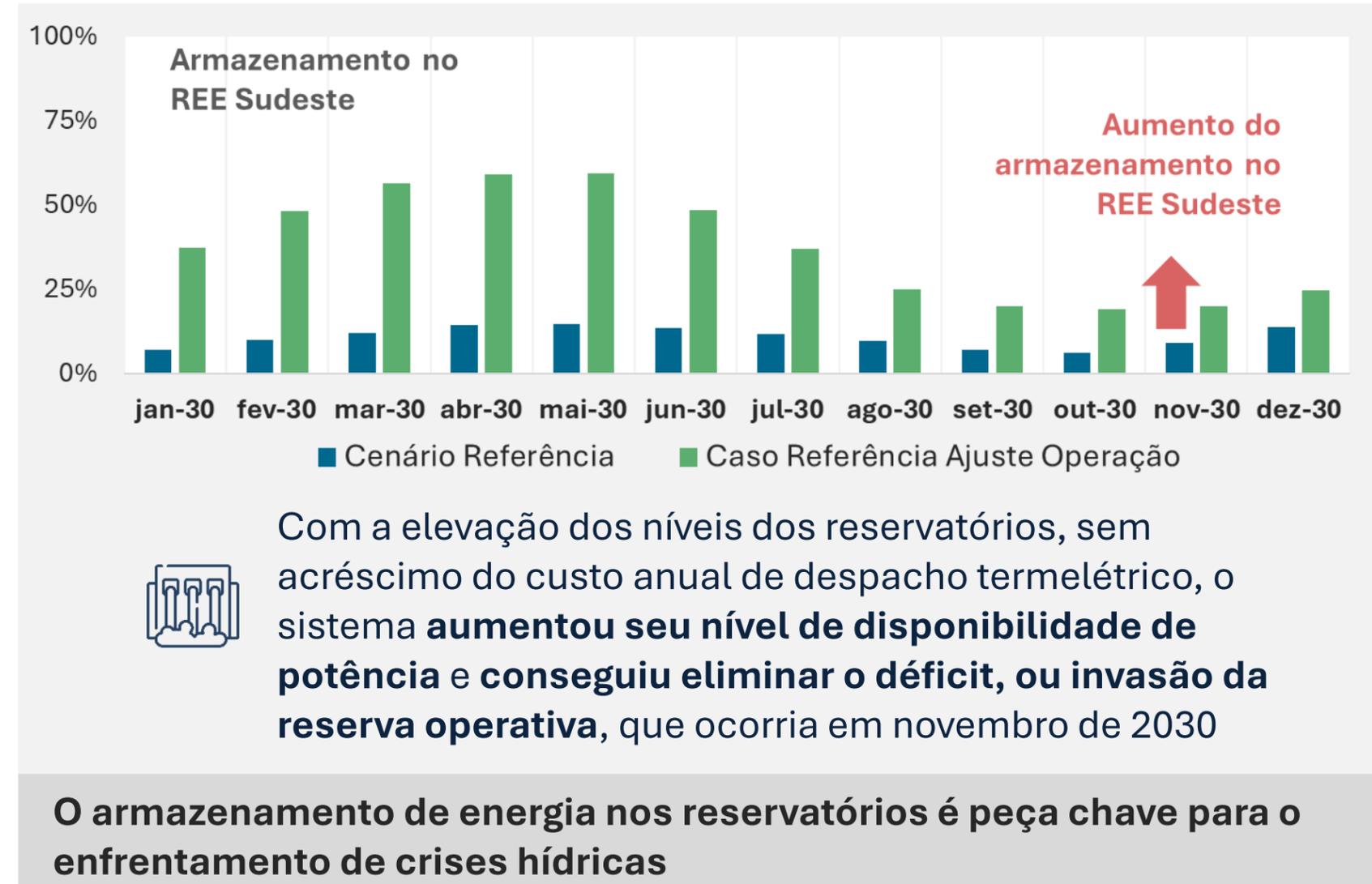
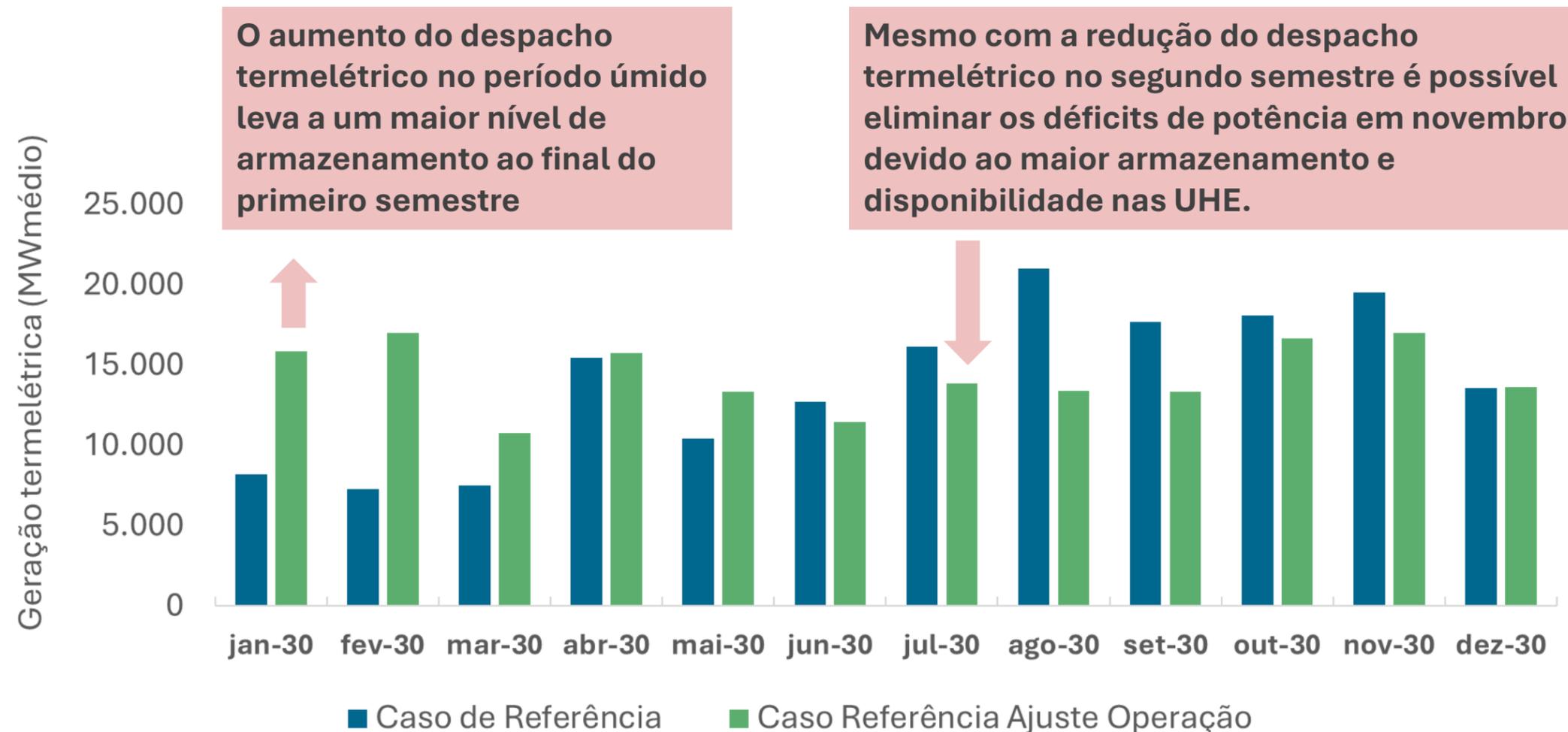
Embora o sistema planejado para o ano de 2030 seja capaz de suportar a ocorrência da série hidrológica crítica de 2021 **sem déficits de energia**, quando se realiza a análise do atendimento da demanda de potência identificam-se **deficits de capacidade, de baixa profundidade, no mês de novembro** em todos os subsistemas. **Existem ações de curto prazo para solucionar os déficits de potência? (Resposta no próximo slide...)**



# Existem soluções operativas promissoras para reduzir o impacto no atendimento à demanda em situações de escassez hídrica?

## Despacho Termelétrico em 2030

Cenário de Referência x Cenário de Referência com Ajuste Operativo



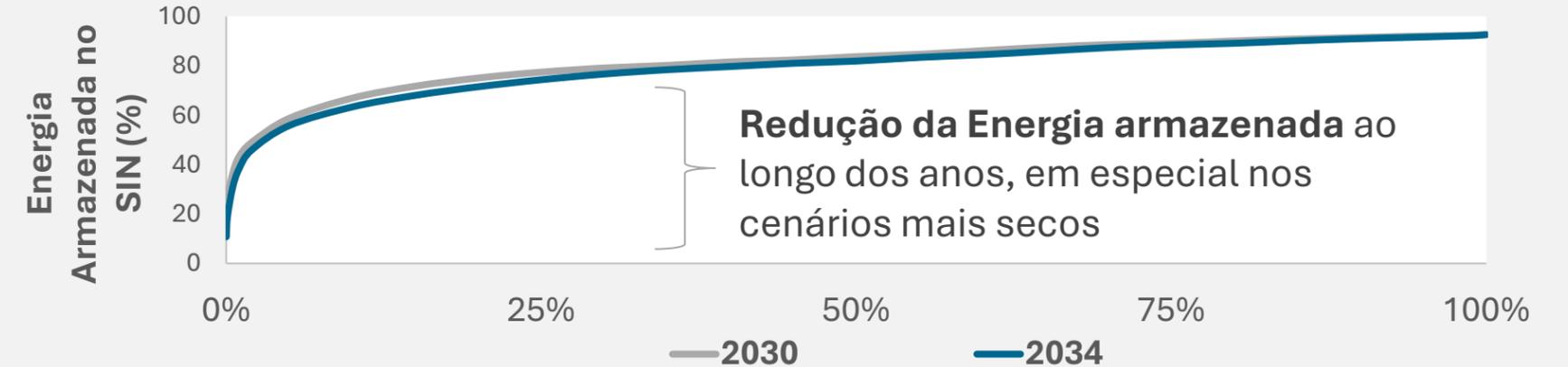
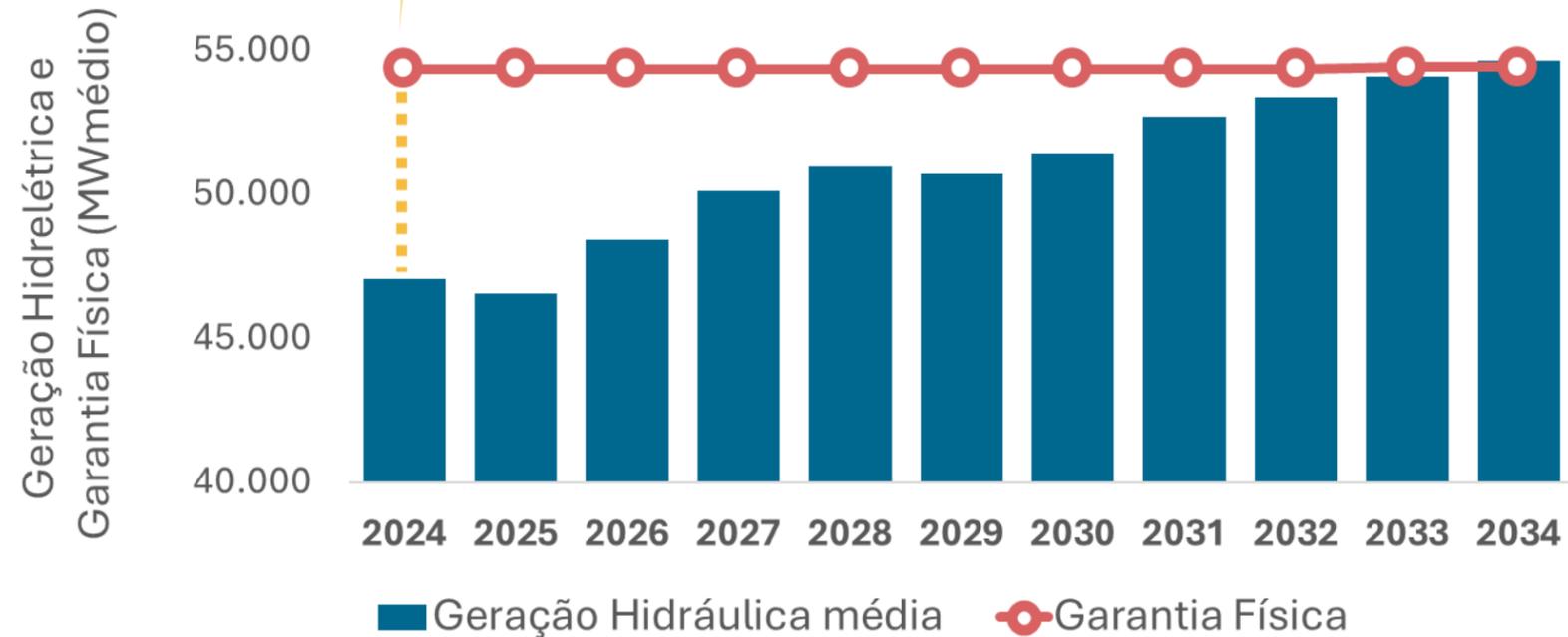
**O armazenamento de energia nos reservatórios é peça chave para o enfrentamento de crises hídricas**

# A matriz elétrica passou por grandes transformações nos últimos anos. É necessário rediscutir o papel das hidrelétricas?

## Geração Hidrelétrica e Garantia Física (MWmédio)

Cenário de Referência

- Mesmo com o aumento da geração hidrelétrica média, a expectativa de geração das UHE está abaixo da Garantia Física total do SIN
- Atualmente a produção de energia é a principal fonte de receita dos agentes geradores



Com as incertezas acerca dos possíveis impactos das mudanças climáticas tanto nos recursos naturais como no consumo de energia, o estoque dos reservatórios representa uma importante segurança energética, além de permitir atender serviços como de rampas, confiabilidade no suprimento de potência, entre outros serviços energéticos e ancilares

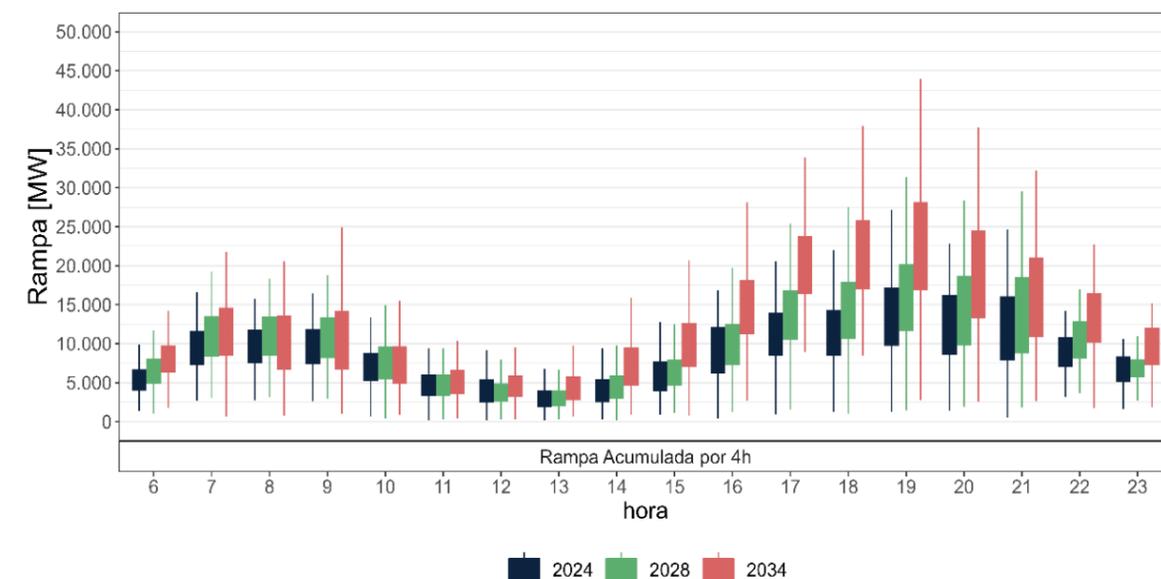


A otimização do armazenamento apenas focada no menor custo energético pode implicar em níveis mais baixos de queda líquida e conseqüentemente menor oferta de potência e flexibilidade para o provimento das reservas de geração necessárias. **A discussão relacionada a operação dos reservatórios e ao fornecimento energético de forma geral, deve ser atrelada a revisão sobre as remunerações dos serviços demandados pelo SEB.**

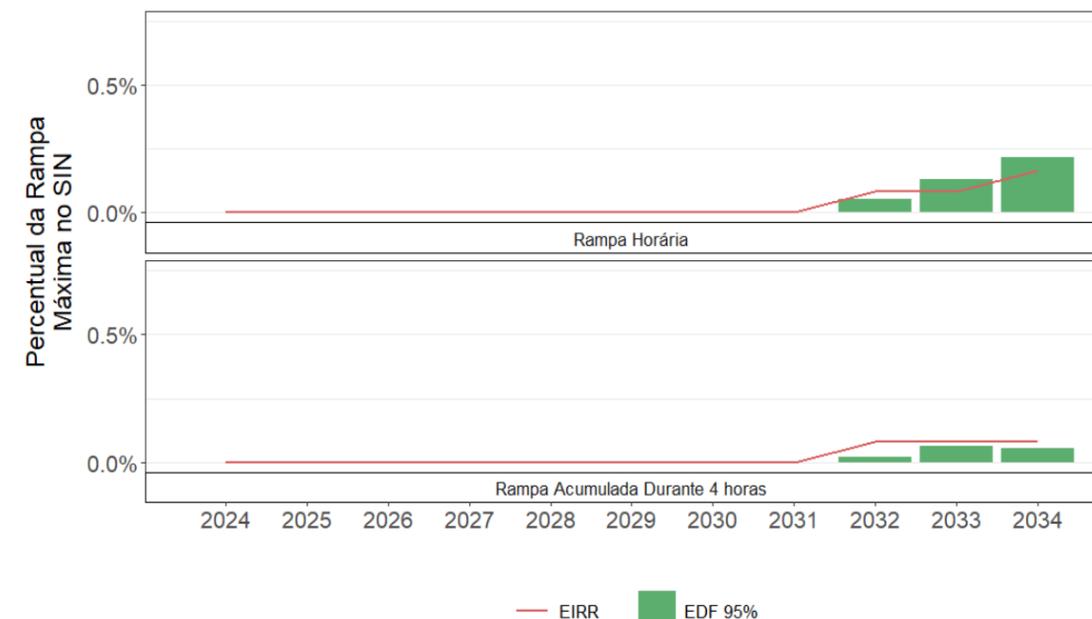
# Análise da Flexibilidade Operativa no Horizonte Decenal

## Rampas líquidas acumuladas durante 4 horas

Resultados para cada hora do dia



## Métricas de avaliação de flexibilidade



Mesmo na ausência de critérios formais para a avaliação de flexibilidade, a expansão indicada no Cenário de Referência do PDE 2034 é capaz de mitigar os riscos de insuficiência de recursos para atender aos requisitos de flexibilidade

- Expectativa de Insuficiência de Recursos de Rampa (EIRR)
- Expectativa de Déficit de Flexibilidade (EDF) 95%

Embora os resultados indiquem que os recursos aportados pela expansão são suficientes para atender aos requisitos previstos de flexibilidade, é importante ressaltar que os resultados se baseiam em premissas de contribuição das fontes obtidas a partir do histórico de operação e dados cadastrais das usinas. O setor elétrico deve priorizar a obtenção de dados de alta qualidade para modelagem de usinas, garantindo a precisão e a credibilidade das simulações.

**O intuito desta análise, mais do que apresentar resultados numéricos considerando a expansão do Cenário de Referência deste PDE, é propor uma base metodológica e incitar a discussão de forma quantitativa, trazendo luz para um tema cada vez mais relevante em um sistema com crescente participação de fontes renováveis variáveis.**

# Outros pontos do capítulo de Geração Centralizada de Energia Elétrica



Diferentes projeções de demanda levam a **diferentes montantes de requisitos do sistema**, e a expansão do **Cenário de Referência é uma estratégia para lidar com esta incerteza**.



A análise do atendimento à **região Sul** mostrou que **não há necessidade de contratação de oferta locacional** nessa região para o atendimento de capacidade de potência. Os limites estabelecidos nos critérios de suprimento se mostram atendidos mesmo que a oferta termelétrica indicativa se concretize em outras regiões.



Em todo horizonte do estudo, evidencia-se **forte variação do Custo Marginal de Expansão (CME) mensal ao longo do ano**. De janeiro a agosto, o custo marginal de expansão segue com valores baixos, sendo novembro o mês com os maiores valores.



O estudo de sensibilidade das UTE da Lei 14.182, mostrou que, ao **não contratar usinas térmicas inflexíveis**, a expansão ocorre por fontes renováveis e térmicas flexíveis, **umentando a renovabilidade da matriz elétrica e reduzindo as emissões** de GEE em 45% ao ano.



O capítulo de Transição Energética traz uma abordagem quantitativa que mostra um **possível caminho de inclusão de hidrogênio na matriz elétrica**, mostrando a viabilidade do suprimento de energia destes projetos através de fontes renováveis e a potência adicional necessária para trazer segurança ao sistema.



# PDE 2034

Clique [aqui](#) e acesse todos os estudos do PDE 2034



Siga a EPE nas redes sociais e mídias digitais:



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

