



Soluções de Armazenamento de Energia

Uma visão do Planejamento Energético Brasileiro

02 de julho de 2025

Renata Nogueira Francisco de Carvalho
Assessora da Diretoria de Estudos de Energia Elétrica

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Ficha técnica

(composição dos cargos em fevereiro de 2025)



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Arthur Cerqueira Valerio

Secretário de Energia Elétrica

Gentil Nogueira de Sá Junior

Secretária Substituta de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

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



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

Diretora de Gestão Corporativa

Carlos Eduardo Cabral Carvalho

www.epe.gov.br

Rio de Janeiro, 2025

Foto da capa: Pixabay.



Sobre a EPE



**Empresa pública federal vinculada
ao Ministério de Minas e Energia**



**Desenvolvemos estudos e estatísticas
energéticas para subsidiar a
formulação, implementação e avaliação
da política energética nacional**

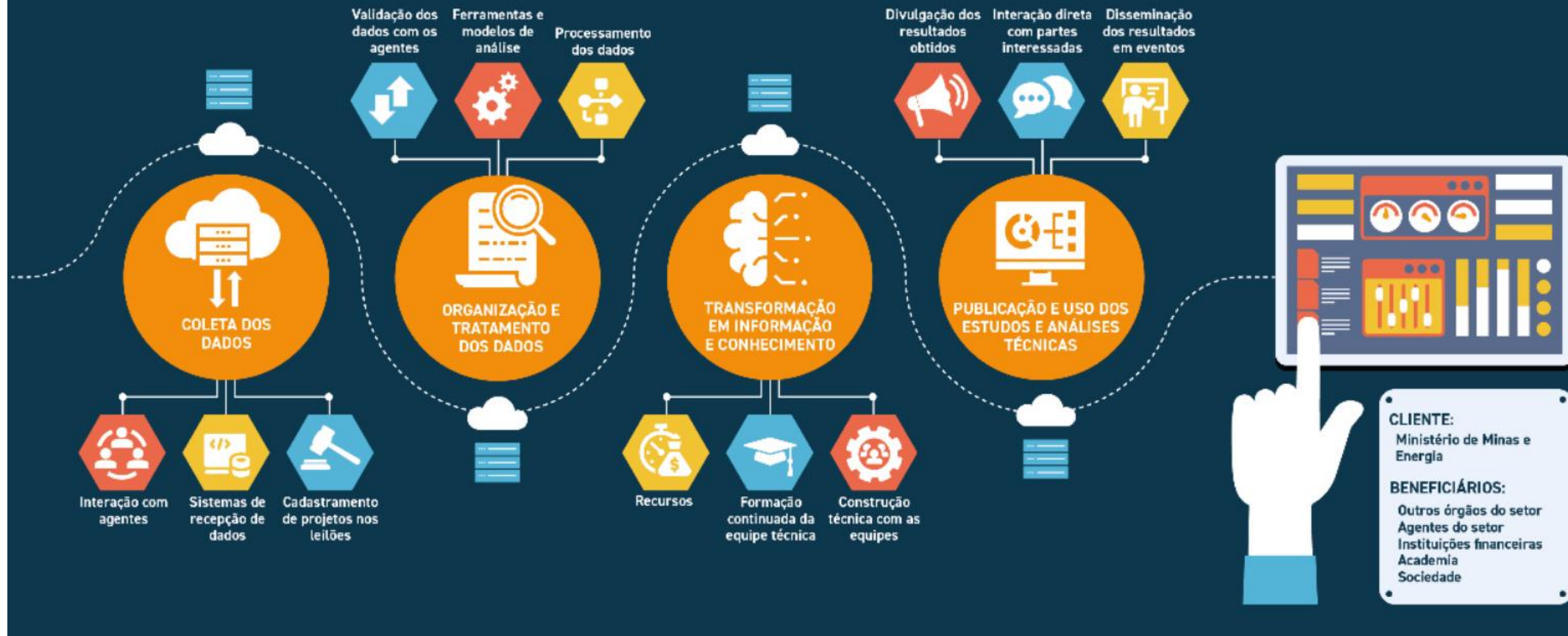


www.epe.gov.br

**Integrante do Conselho Nacional
de Política Energética (CNPE)**

A EPE é uma usina de dados e de produção do conhecimento

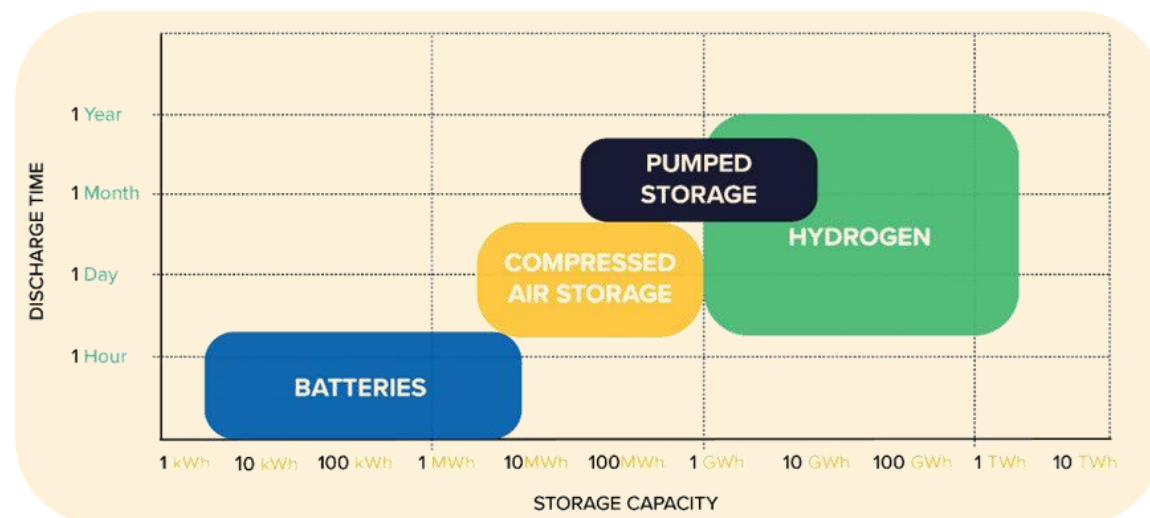
Geramos informações fundamentais para reduzir a assimetria de informações e de barreiras de entrada no setor energético brasileiro



Armazenamento como parte da solução

- ✓ **Um sistema em expansão:** crescimento do consumo de eletricidade
- ✓ Forte necessidade de **integração de renováveis**
- ✓ **Novas necessidades do Sistema** (capacidade e flexibilidade)
- ✓ **Desafios** para expansão de projetos de **hidrelétricas**

Armazenamento como
parte da solução



From: Energy storage news

Desafios para viabilização de novas tecnologias no horizonte decenal

Tecnologias de armazenamento (baterias e hidrelétricas reversíveis)

■ Definições regulatória

- Estrutura de remuneração dos sistemas de armazenamento¹

ausência de mecanismos de remuneração impacta na definição do modelo de negócio

- No caso das UHRs, também se faz necessário definir o seu modo de outorga para adição de unidades reversíveis em UHEs ou PCHs já existentes²
- Regulamentação do licenciamento ambiental

■ Gestão do sistema elétrico

- Ex.: aumento da complexidade das modelagens matemáticas do planejamento e da operação

■ Cadeia de produção das baterias

- Dependência de minerais como lítio, cobalto e níquel.

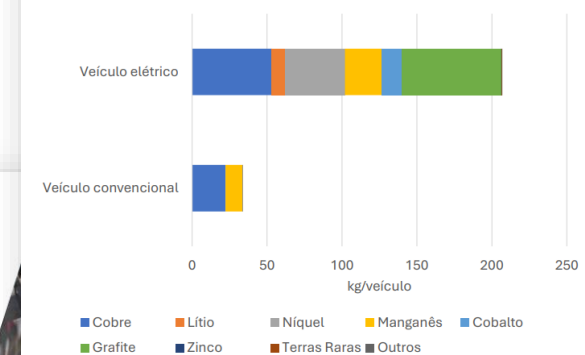
¹ Para aplicações distribuídas de baterias atrás do medidor, já existe a possibilidade regulatória de utilizar sistemas de armazenamento para a gestão do consumo ou proteção contra blecautes. Entretanto, as baterias contam com baixa viabilidade econômica no horizonte decenal devido ao elevado custo dos equipamentos, alta carga tributária nacional e fraco sinal de preços ao consumidor final, conforme analisado no Capítulo 9 do PDE.

² Para mais detalhes, o AIR nº 1/2023-SGM-SCE-STD-STE/ANEEL analisa impedimentos ou dificuldades na inserção de novas soluções de armazenamento sob a ótica regulatória.



Minerais utilizados na montagem de veículos elétricos comparado com um veículo leve convencional a combustão interna (kg/veículo)

Fonte: IEA



Bateria: Versatilidade e Múltiplas Aplicações

- ✓ Alta densidade energética, alta eficiência
- ✓ Baixo tempo de resposta em operação
- ✓ Modular, customizável e portátil
- ✓ Requer pouca área
- ✓ Ausência de emissão de poluentes na operação
- ✓ Rápida instalação
- ✓ Versatilidade de aplicações (centralizada e distribuída)
- ✓ Fast cost reduction

Um ponto de versatilidade das baterias é com relação a seu local de instalação, que podem ser usadas como:

- ✓ recurso centralizado, controlado pelo operador do sistema elétrico, pela transmissora ou distribuidora;
- ✓ integradas a um gerador, fazendo com que as características de geração de determinada usina sejam aprimoradas;
- ✓ instaladas por um consumidor atrás do medidor (*behind the meter*).

Bateria: Versatilidade e Múltiplas Aplicações



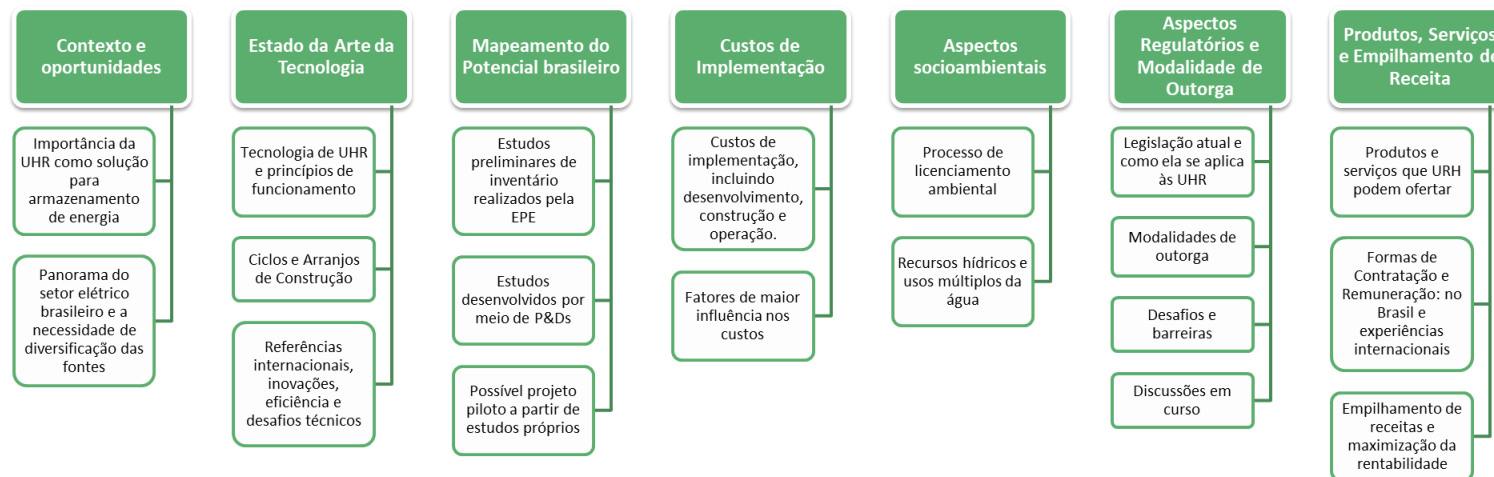
Cada configuração permite acessar diferentes serviços, trazendo distintas possibilidades de uso das baterias.

- ✓ *peak shaving*
- ✓ associação com unidades de geração
- ✓ arbitragem
- ✓ otimização da expansão da transmissão
- ✓ Mitigação de restrições elétricas no curto prazo
- ✓ serviços ancilares
- ✓ sistemas isolados

UHR: Principais oportunidades e desafios

O recém publicado **Roadmap de UHR** apresenta as principais oportunidades e desafios para incorporar a tecnologia na matriz elétrica brasileira e como ela pode se tornar uma fonte estratégica para a transição energética no Brasil.

O objetivo é apresentar um panorama para a inserção da tecnologia de usinas reversíveis no Brasil, abordando aspectos técnicos, econômicos, regulatórios e socioambientais para superar as barreiras existentes.



No horizonte decenal ...

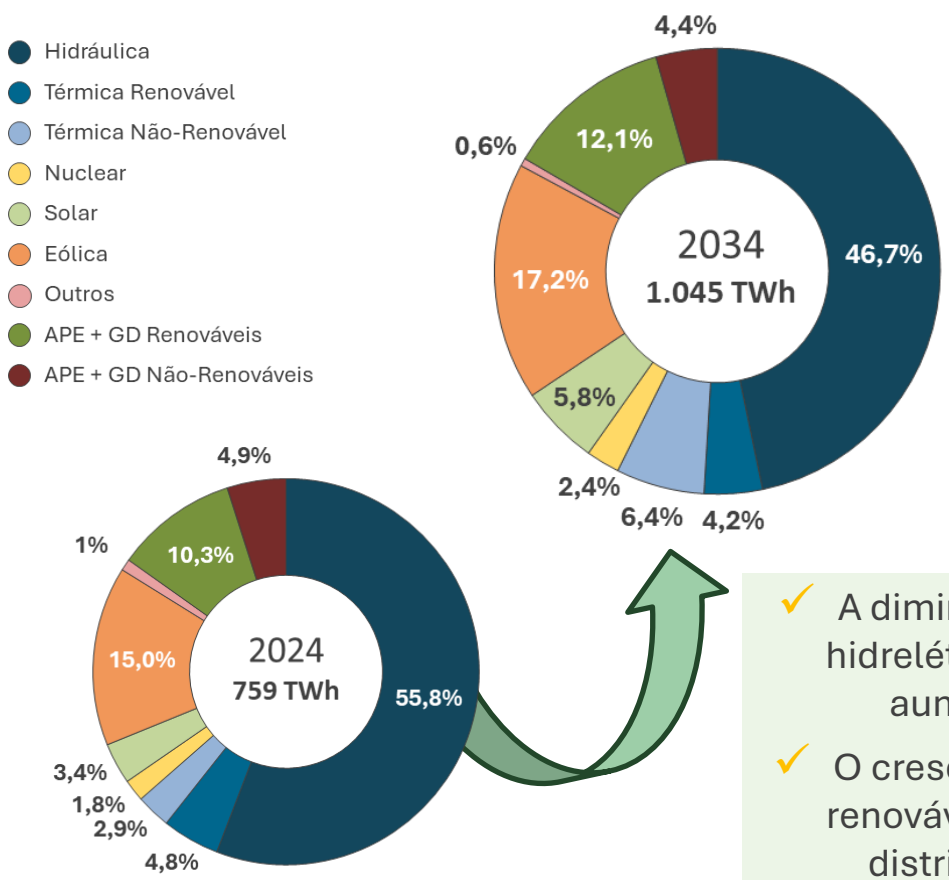


MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

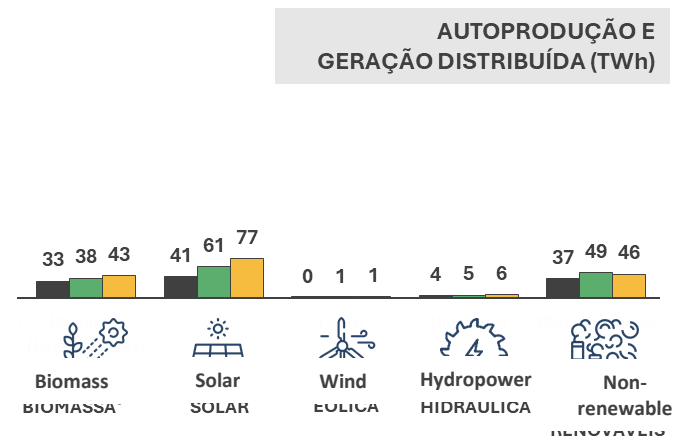
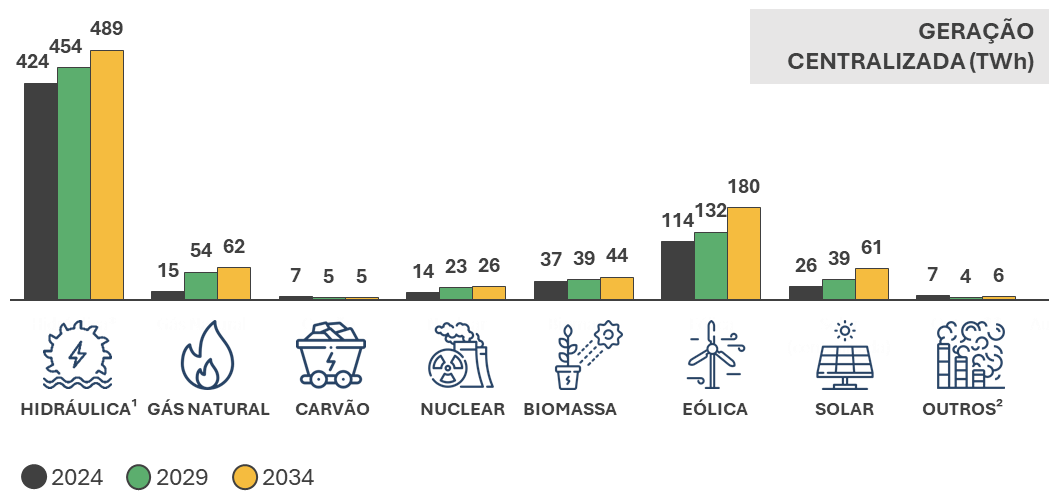
No horizonte decenal, a geração de eletricidade permanece baseada em renováveis, com ampliação e maior diversificação da matriz elétrica brasileira

Evolução da matriz elétrica brasileira



- ✓ A diminuição da participação da energia hidrelétrica tende a ser compensado pelo aumento das fontes eólica e solar.
- ✓ O crescimento da participação de fontes renováveis na autoprodução e na geração distribuída também se destaca, com contribuições significativas do uso da biomassa (biogás, bagaço de cana, lixo e lenha) e da fonte solar.

Geração total de eletricidade por fonte

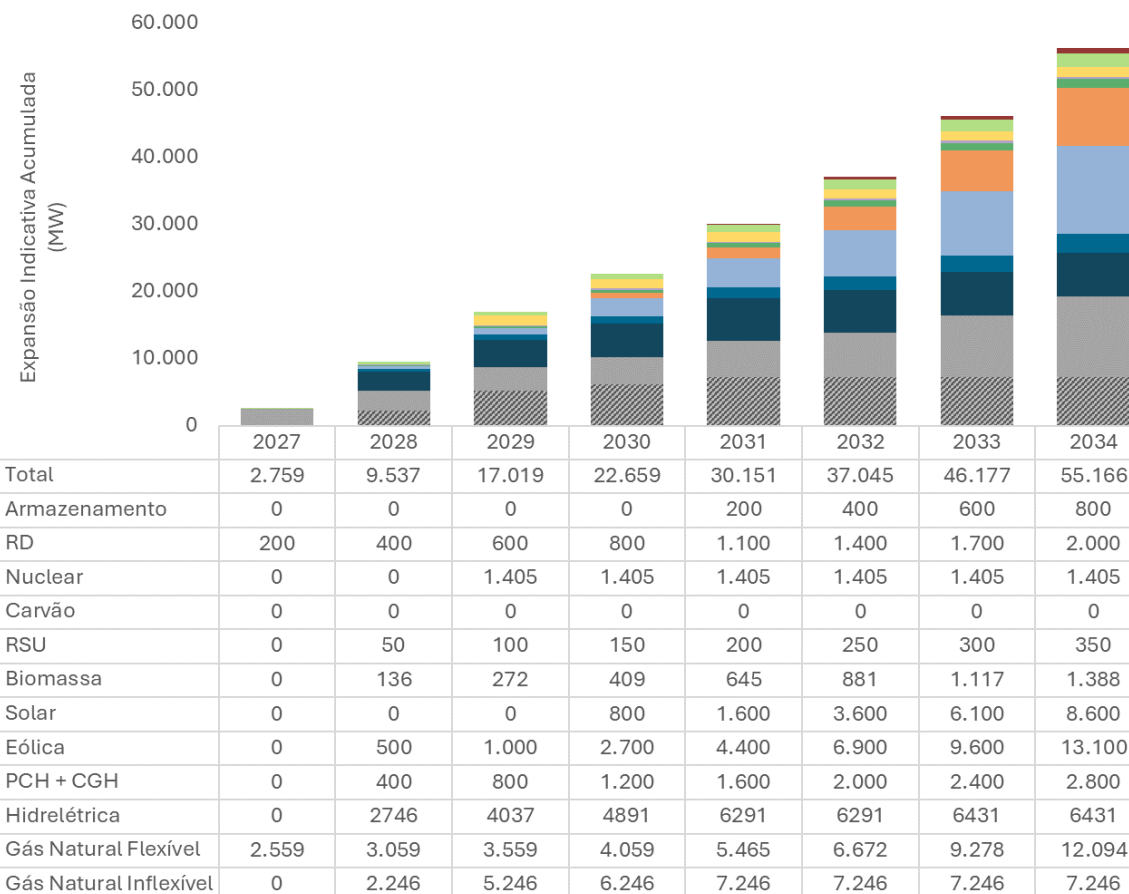


No cenário de referência da expansão de geração centralizada ...

...pela primeira vez a tecnologia de armazenamento se mostra como competitiva e compõe a expansão indicativa no horizonte decenal.

- No caso deste ciclo a opção escolhida pelo MDI foi de armazenamento em bateria, com a perspectiva de 800 MW instalados, compondo a expansão do Cenário de Referência.
- Durante todos os anos do estudo, a geração de eletricidade é, aproximadamente, 90% realizada a partir de fontes renováveis, considerando a média dos cenários hidrológicos futuros

Expansão Indicativa acumulada para o Cenário de Referência



Notas:

- (1) A expansão indicativa em 2027 acumula eventuais decisões do MDI pela manutenção de termelétricas existentes que findam seus contratos antes dessa data.
- (2) Biomassa inclui biogás.

Baterias Atrás do Medidor

Contexto Nacional

- Com exceção de aplicações em sistemas remotos, ainda há pouca difusão de baterias para uso junto às unidades consumidoras;
- A regulação da MMGD no Brasil não favorece o armazenamento da geração. É como se a rede funcionasse como uma bateria para o gerador;
- A REN nº 1.000 da ANEEL e o Módulo 3 do PRODIST autorizam a conexão de sistemas de armazenamento em unidades consumidoras.

Principais aplicações para o uso de armazenamento atrás do medidor no Brasil

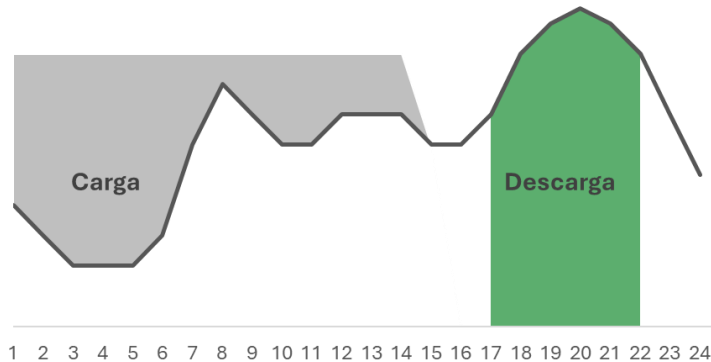
	Tarifa BT Convencional	Tarifa BT Branca	Tarifa A4 (Verde ou Azul)
Backup e qualidade	✓	✓	✓
Redução do pico da demanda	X	X	✓
Deslocamento do consumo	X	✓ Avaliado no PDE	✓ Avaliado no PDE
Aumento do autoconsumo da MMGD	✓ Avaliado no PDE	✓	✓

Baterias Atrás do Medidor

Aplicações simuladas no PDE 2034:

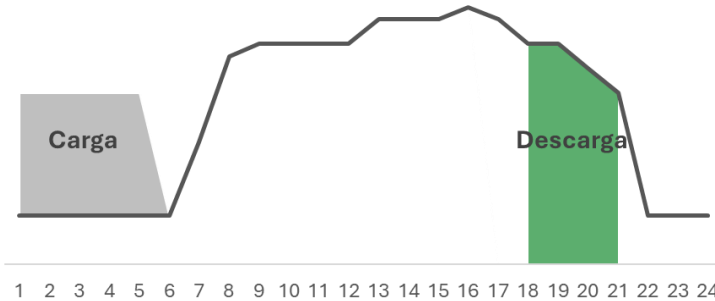
Ilustração do funcionamento das baterias para as aplicações

Gestão do consumo com tarifa branca para consumidores atendidos em baixa tensão (BT)



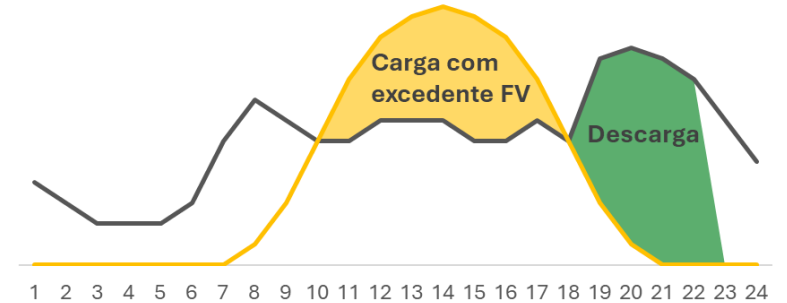
O preço das baterias teria que cair muito além do atual para que o investimento seja viável economicamente.

Gestão do consumo com tarifa A4 – Verde para consumidores atendidos em média tensão



A solução a diesel continua competitiva para a maioria dos consumidores pelo preço das baterias. Mas, consumidores com alto fator de carga na ponta ou com necessidades específicas (elétricas, ambientais, logísticas) podem encontrar a viabilidade no investimento.

Aumento do autoconsumo fotovoltaico para consumidores BT que possuem sistema de microgeração distribuída



Baixa viabilidade econômica no horizonte decenal. No entanto, nichos de mercado podem surgir, com foco no uso de baterias para usos complementares, como o aumento da resiliência à blecautes.

Considerações Finais



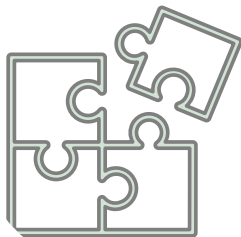
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Considerações Finais



Grandes oportunidades para **inserção de soluções de armazenamento** no Sistema Elétrico brasileiro, especialmente em função dos crescentes requisitos de capacidade e flexibilidade.



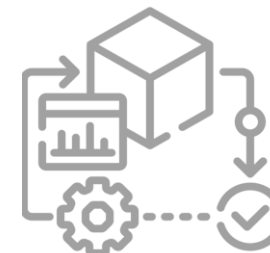
Oportunidade de aproveitamento desses recursos para **otimização do desempenho elétrico** do sistema, considerando atributos convencionais da geração síncrona (UHR) e de novas soluções (BESS Grid Forming)



O estabelecimento de uma **regulação robusta** é um passo fundamental para viabilização desses empreendimentos.



Para um **aproveitamento dos diversos atributos** e remuneração pelos serviços fornecidos é necessário uma **reavaliação do desenho de mercado**, abrangendo tanto os aspectos regulatórios quanto a caracterização detalhada dos requisitos sistêmicos.



O aprimoramento da **modelagem de soluções de armazenamento nas ferramentas computacionais** utilizadas na operação e planejamento é fundamental para permitir a **valoração adequada dos atributos** das tecnologias e a melhor **gestão do recurso**.



www.epe.gov.br

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

Praça Pio X, n. 54

20091-040

Centro - Rio de Janeiro

Siga a EPE nas redes sociais e mídias digitais:



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO