

PDE 2034

Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034

Micro e Minigeração Distribuída & Baterias Atrás do Medidor

Junho 2024



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Ficha técnica

(composição dos cargos em 05 de junho de 2024)



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



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

Angela Regina Livino de Carvalho

www.epe.gov.br

PDE 2034

Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034

Micro e Minigeração Distribuída & Baterias Atrás do Medidor

Coordenação Executiva

Giovani Vitória Machado

Thiago Ivanoski Teixeira

Coordenação Técnica

Arnaldo dos Santos Junior

Carla da Costa Lopes Achão

Gustavo Naciff de Andrade

Luciano Basto Oliveira

Autores

Superintendência de Estudos Econômicos e Energéticos

Alex Yujhi Gomes Yukizaki

Arthur Mendonça Quinhones Siqueira

Caroline Chantre Ramos

Gabriel Konzen

Simone Saviolo Rocha

Rio de Janeiro, 2024

Foto da capa: Freepik.

PDE 2034

Micro e Minigeração Distribuída & Baterias Atrás do Medidor

Valor público

Os Recursos Energéticos Distribuídos representam uma mudança de paradigma no Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Integrá-los ao planejamento decenal é essencial para orientar políticas públicas, novos investimentos e a operação do SEB. Por exemplo, as projeções de mini e microgeração distribuída impactam a expansão da geração centralizada e influenciam os modelos de formação de preços no setor. Em termos gerais, as análises apresentadas neste Caderno ajudam a reduzir a assimetria de informação entre os agentes, fornecendo subsídios para uma melhor tomada de decisão por parte de entidades públicas e privadas.



PDE 2034

Micro e Minigeração Distribuída



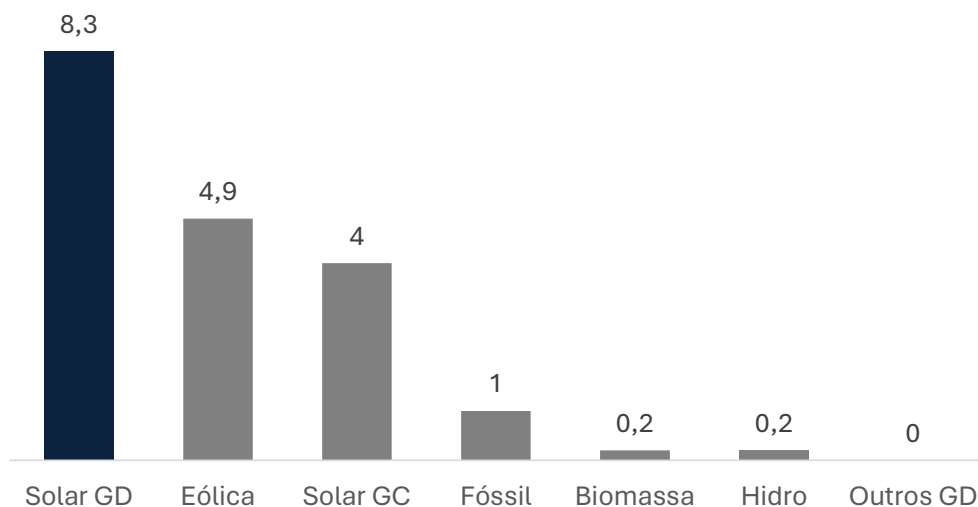
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) tem se destacado nos últimos anos

A MMGD está se tornando protagonista da expansão da capacidade instalada no Brasil. Em 2023, pelo terceiro ano seguido, a fonte solar distribuída superou a expansão de todas as demais fontes, em termos de capacidade instalada.

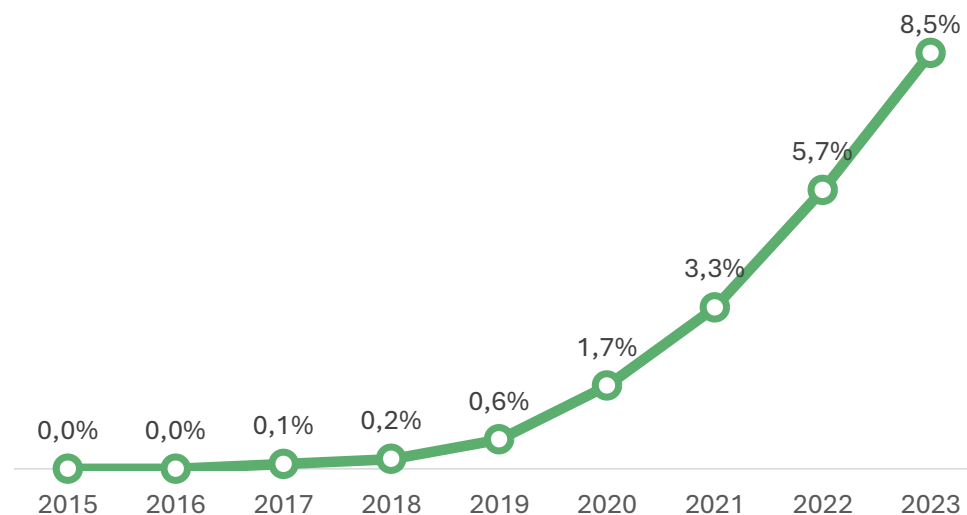
Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica em 2023 [GW] - Entrada em Operação



Fonte dos dados: ANEEL. Painel Interativo do RALIE (Abril de 2024) e base de MMGD (Acesso em 20/03/2024)

A MMGD também tem ganhado importância em termos de contribuição energética, atendendo cerca de 8,5% do consumo cativo nacional, chegando a quase 20% em algumas distribuidoras do Brasil.

Percentual do consumo de eletricidade cativo nacional atendido por MMGD



Fonte dos dados: EPE. Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída

O novo marco legal da MMGD no Brasil

Lei nº 14.300/2022

- Em janeiro de 2022, foi publicada a Lei nº 14.300 que cria o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída.

Principais alterações trazidas pela Lei:

- Limite de mini GD FV reduzido de 5 MW para 3 MW;
- Estabelecido conceito de fontes despacháveis: hidro, biomassa, cogeração e FV + baterias;
- Permite sistemas com baterias e sistemas híbridos (regulamentação futura);
- Menor cobrança do custo de disponibilidade;
- Permite plantas flutuantes fracionadas, podendo, em conjunto, ultrapassar o limite de 3 MW;
- Cria Programa de Energia Renovável Social, que prevê contratação de MMGD para atender consumidores de baixa renda.

Como serão as regras de compensação da energia injetada na rede?

- Para geradores existentes e aqueles que protocolarem solicitação de acesso até 12 meses após publicação da Lei: compensação de todas as componentes tarifárias (regra original) até 2045;
- Para novos geradores (solicitaram acesso após 08/01/2023):

Pagamento sobre o crédito:	2023 a 2028	2029+
TUSD Distribuição	Cobrança gradual de 15% a 90%	Regra a ser definida

- Exceção: para novos geradores acima de 500 kW de fontes não despacháveis e de autoconsumo remoto ou compartilhada com um titular com mais de 25% da participação na injeção:

Pagamento sobre o crédito:	2023 a 2028	2029+
TUSD Distribuição	100%	Regra a ser definida
TUSD Transm.	40%	
Encargos P&D, PEE e TFSEE	100%	

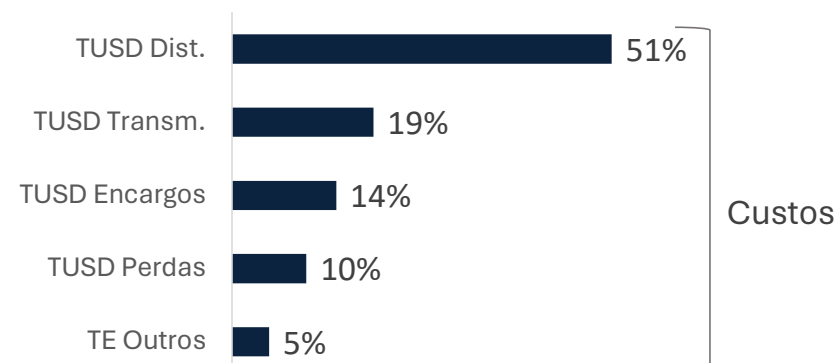
A partir de 2029, a compensação será da TE Energia + benefícios. A ANEEL estabelecerá a metodologia para valoração dos benefícios da MMGD, seguindo as diretrizes estabelecidas pelo CNPE por meio da Resolução nº 2, de 22 de abril de 2024.

PDE 2034 | Cenários para a MMGD

Incertezas na valoração dos benefícios

- A Lei nº 14.300 traz luz sobre o provável cenário regulatório para a MMGD. No entanto, apesar das diretrizes para valoração dos custos e benefícios da MMGD terem sido estabelecidas por meio da Resolução CNPE nº 2/2024, ainda há incertezas relacionadas com a remuneração da energia injetada na rede a partir de 2029, decorrentes da metodologia de cálculo de benefícios da MMGD para o setor elétrico. Essa indefinição decorre do fato que a Aneel deverá definir essa metodologia, contando com a necessária participação pública, observando as diretrizes constantes na Resolução CNPE nº 2/2024;
- Mesmo afetando a remuneração somente a partir de 2029, sua definição deve influenciar os investimentos ao longo da década pois afeta o fluxo de caixa desses empreendimentos.

Percentual médio de cada componente na tarifa 2022 B1, sem a parcela Energia



Fonte dos dados: ANEEL
<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/basestarifas>

Cenário de Referência

- O Cenário de Referência para a expansão da MMGD no PDE 2034 considera somente a cobrança de 100% TUSD Distribuição a partir de 2029. Isso implica que cerca de 50% dos custos (Encargos, Transmissão, Perdas e Outros) serão descontados através dos benefícios.

Cenário Superior

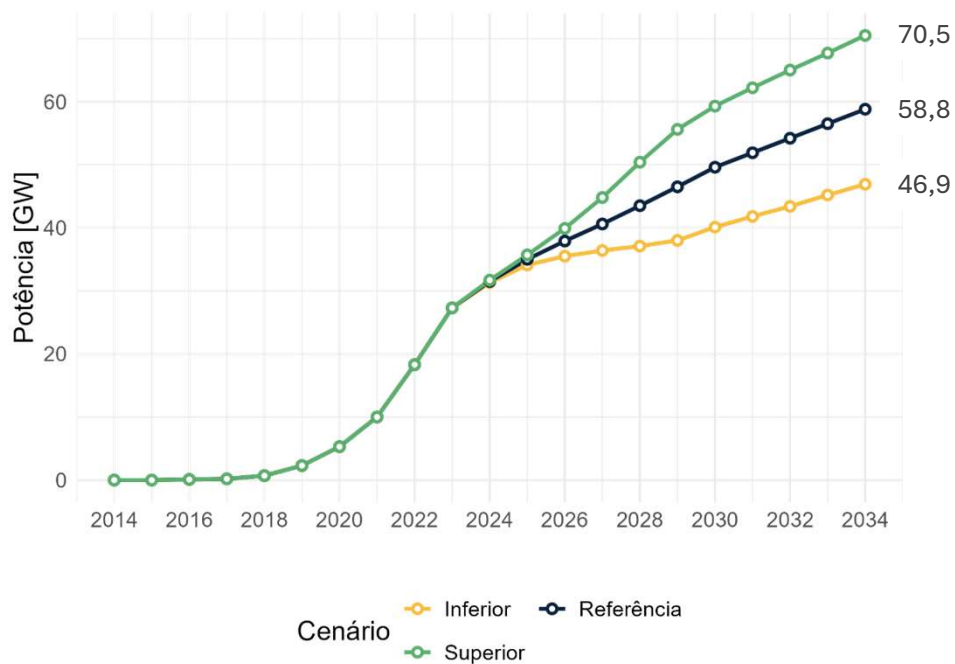
- Este cenário simula uma compensação a partir de 2029 igual a TE Energia + 100% dos custos, o que significaria a compensação original de 1 para 1.

Cenário Inferior

- Este cenário simula uma compensação a partir de 2029 somente da parcela TE Energia.

PDE 2034 | Resultados dos Cenários

Projeção da capacidade instalada de MGD (GW) Por Cenário



Nota: Data base da projeção: outubro de 2023

Resumo dos Resultados Por Cenário

Cenário	Adotantes Acumulados (2034) Milhões	Potência Acumulada (2034) GW	Geração (2034) GWméd	Investimentos (2024 a 2034) R\$ bilhões
Superior	8,6	70,5	11,3	162,0
Referência	7,2	58,8	9,3	116,6
Inferior	5,9	46,9	7,2	70,4

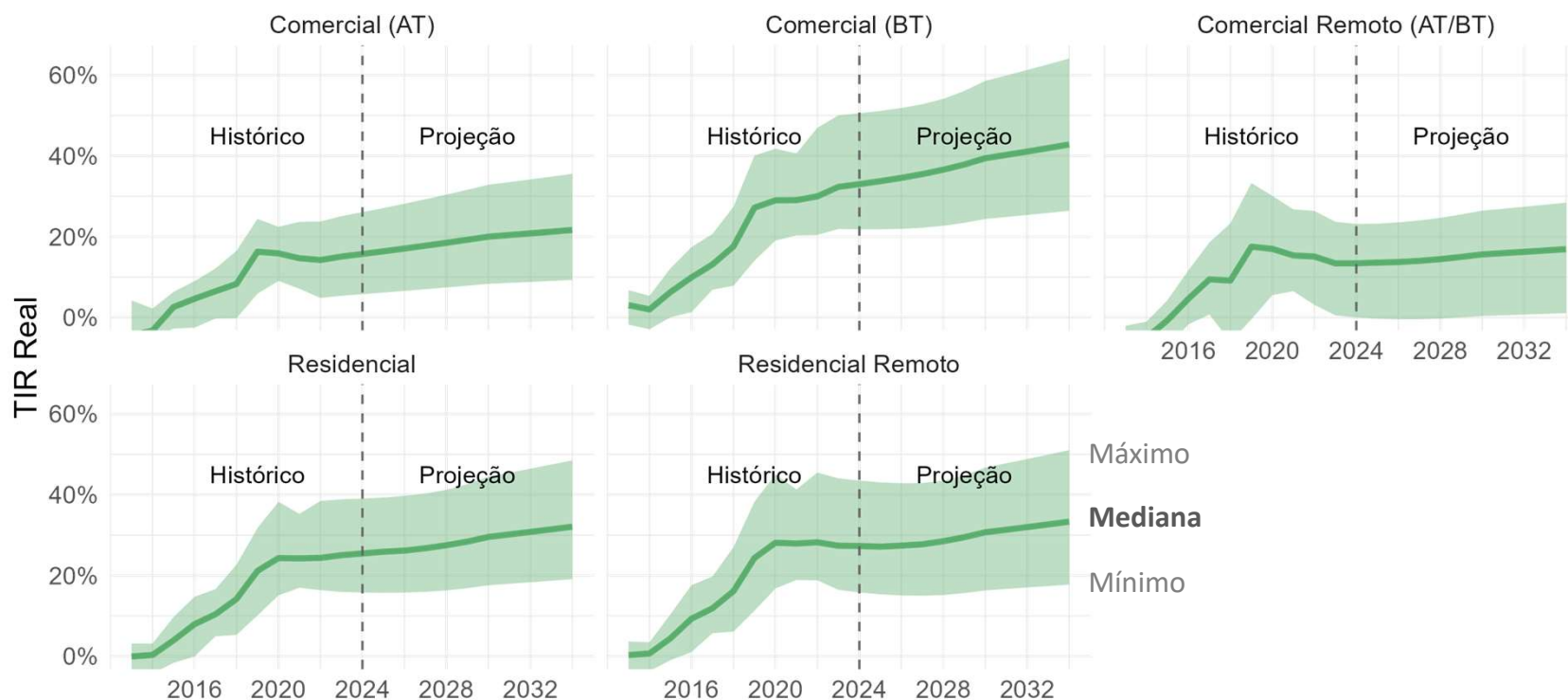
Conheça mais sobre a [metodologia](#) e acesse o [modelo](#) utilizado nas projeções



PDE 2034 | Estimativa da atratividade do investimento em MMGD

TIR real de projetos fotovoltaicos por segmento (mínima, mediana e máxima)

Cenário Referência – Cálculo para projetos na área de 54 distribuidoras

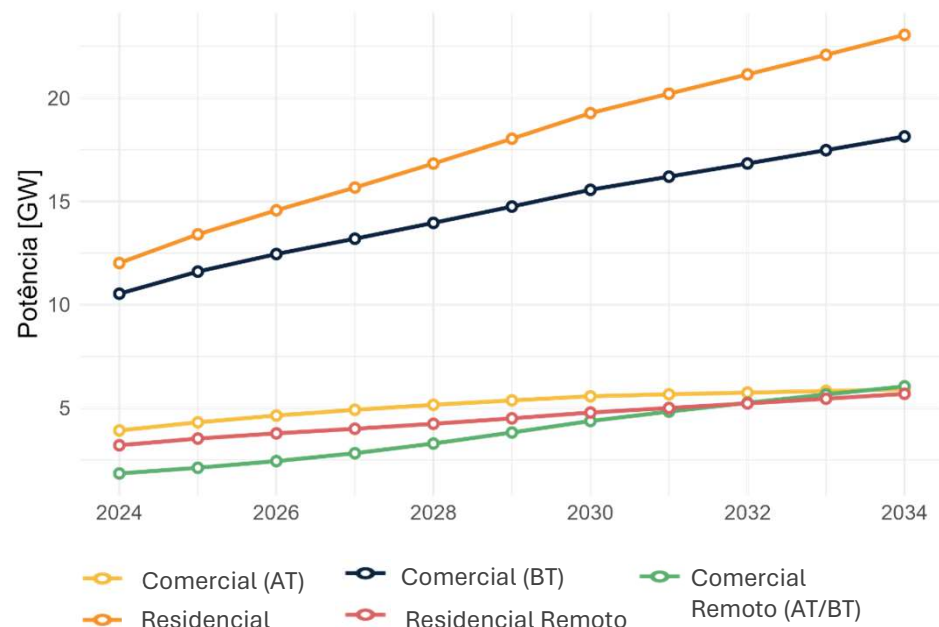


Nota: Simulações para projetos típicos. Resultado sujeito à variações em casos específicos. Ambos casos consideram investimento com 100% de capital próprio.

PDE 2034 | Detalhes do Cenário Referência

Projeção da capacidade instalada de MMGD (GW) Por segmento

Por segmento

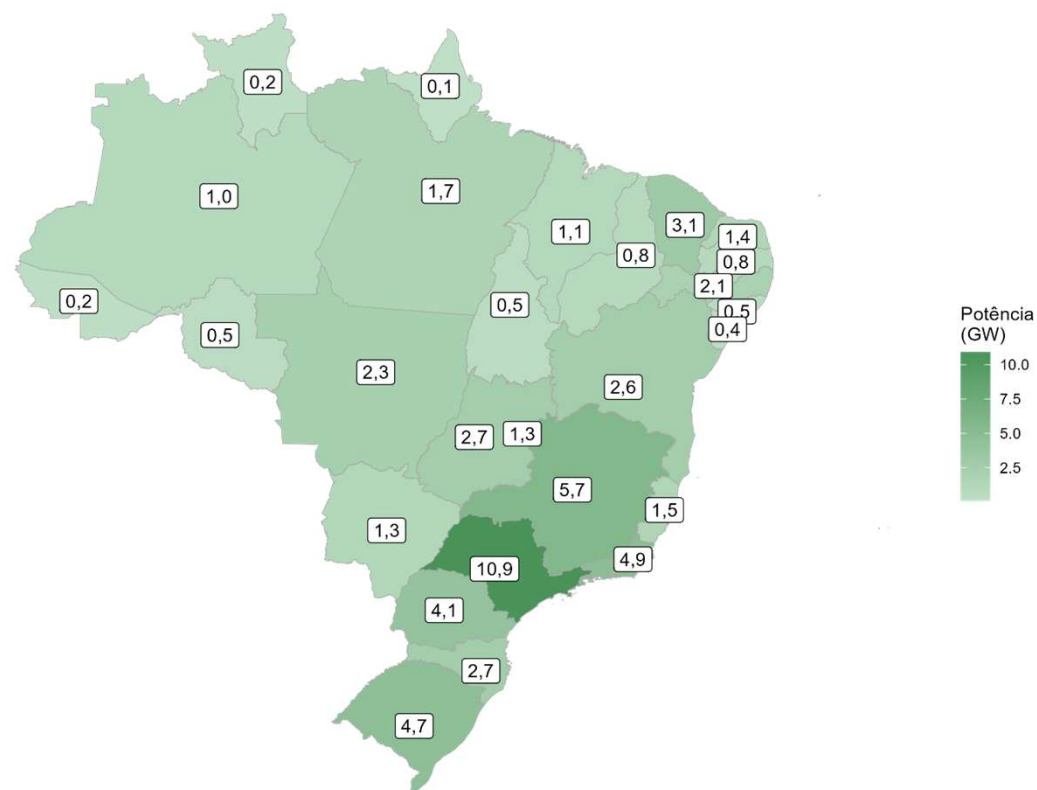


Nota: Comercial Remoto (AT/BT) representa sistemas de minigeração em unidades de Alta Tensão, mas que compensam remotamente os créditos em Baixa Tensão.

Segmento residencial deve ser o líder em capacidade instalada no Cenário Referência.

Projeção da capacidade instalada de MMGD em 2034 (GW) Por UF

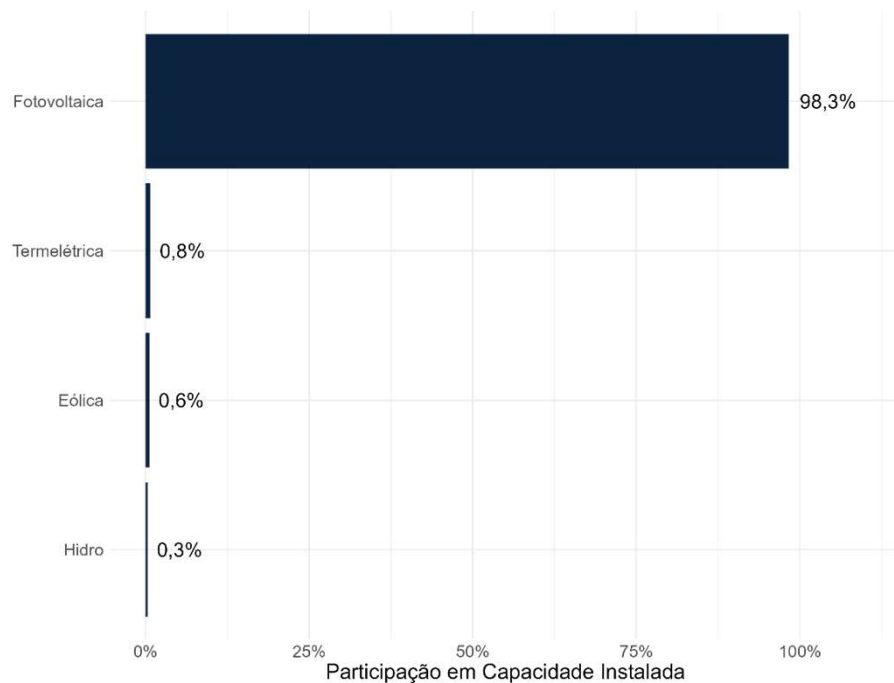
Por UF



PDE 2034 | Detalhes do Cenário Referência

Participação por fonte em 2034

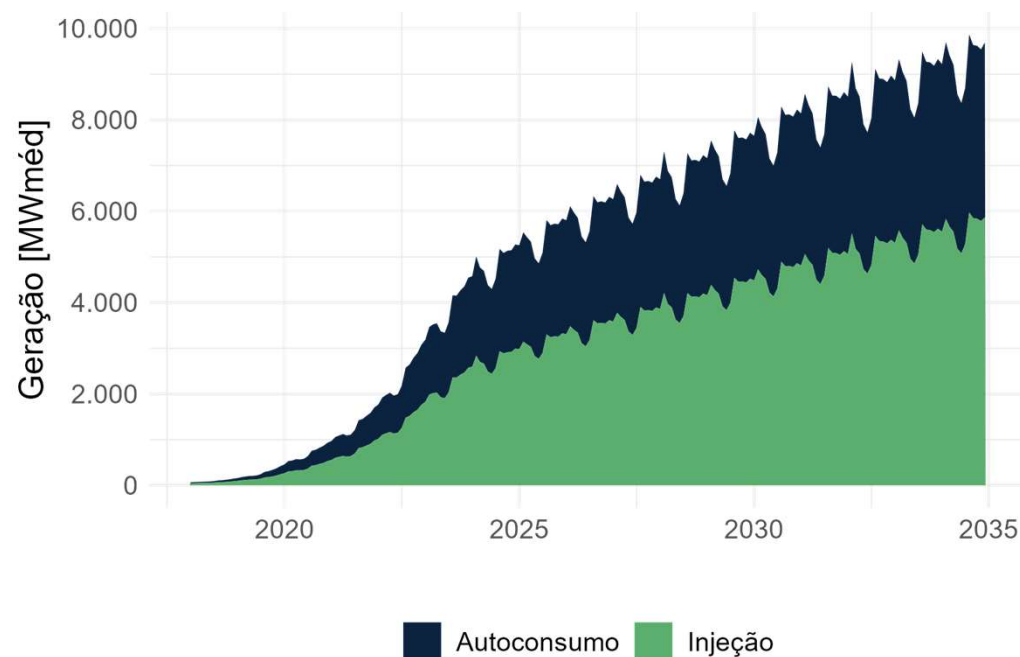
Cenário Referência



Fonte fotovoltaica se mantém como predominante entre as tecnologias de geração.

Projeção da geração mensal em MWméd, por componente¹

Cenário Referência



(1) Abertura por componente é uma estimativa baseada em fatores típicos por fonte e segmento de mercado.

PDE 2034 | Incertezas

Abertura do Mercado Livre (ML)

- O MME lançou em setembro de 2022 a Portaria nº 50/2022 que prevê a abertura do ML para consumidores do mercado de alta tensão. Adicionalmente, uma consulta pública foi aberta em outubro do mesmo pelo Ministério para avaliar a abertura para todos os consumidores a partir de 2028;
- Paralelamente, o PL nº 414/2021, que trata da modernização do setor elétrico brasileiro, traz, dentre outras medidas, a previsão de abertura do mercado livre para todos os consumidores em até 42 meses a partir da publicação da lei;
- Com a abertura do mercado livre, o consumidor terá a oportunidade de escolher outros fornecedores de eletricidade, com a possibilidade de contratar planos personalizados e que possivelmente lhe tragam economia;
- Nesse contexto, a geração distribuída passa a ter um concorrente, uma vez que, atualmente, consumidores livres não podem fazer parte do sistema de compensação de energia (Art. 9º, parágrafo único, da Lei nº 14.300/2022).

Tarifa Multipartes

- O PL nº 414/2021 também prevê que após 60 meses da entrada em vigor da Lei, a tarifa pelo uso da rede de distribuição e transmissão (TUSD) não poderá ser cobrada volumetricamente (R\$/kWh);
- Como a compensação da MMDG ocorre a partir do volume de energia ativa injetada na rede, a TUSD poderia deixar de ser economizada pelos geradores com o novo formato de tarifação. Nesse caso, pode ser necessária uma compatibilização de conceitos entre a Lei nº 14.300/2022 e o PL nº 414/2021.

Efeitos da Lei nº 14.300/2022

- As alterações trazidas pela Lei nº 14.300/2022, especialmente a mudança nas regras de compensação a partir de 2023, provocou uma corrida por instalações nos últimos anos. No entanto, logo após a “virada” nas regras, o número de novos pedidos caiu em relação à 2022, mas começou a se recuperar no final de 2023. Nesse contexto, há uma incerteza de como o mercado irá se comportar após esse período de transição.

PDE 2034

Baterias Atrás do Medidor



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

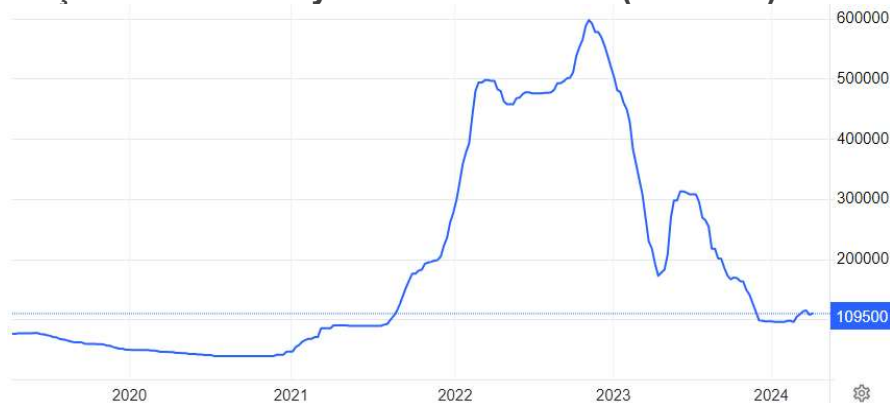
GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

PDE 2034 | Contexto Internacional

Contexto Internacional

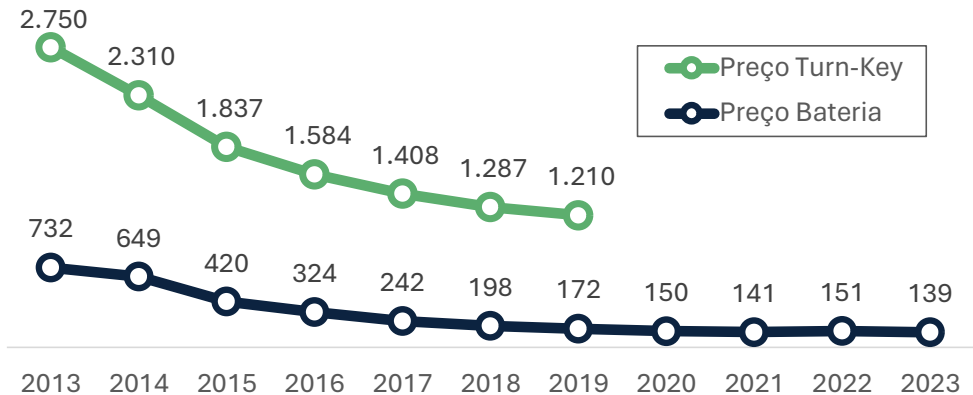
- Mercado de baterias em grande expansão no mercado externo, para atendimento da indústria de eletrônicos, veículos elétricos e de eletricidade;
- Preço internacional do lítio, um dos principais componentes das baterias, teve uma alta significativa em 2022. Em 2023, houve uma queda, mas o preço ainda se mantém acima dos níveis de 2020.

Preço da commodity carbonato de lítio (CNY/ton)



Fonte: Trading Economics (2024)

Preço turn-key de sistemas de baterias na Alemanha vs. preço mundial de baterias de íon-lítio (valores médios em USD/kWh)



2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023

Notas: (1) Preço turn-key de sistemas entre 5 e 10 kWh; (2) Considera taxa de câmbio de 1,1 USD = 1 EUR.

Fontes: BloombergNEF (2023) e Figgenger et al. (2021)

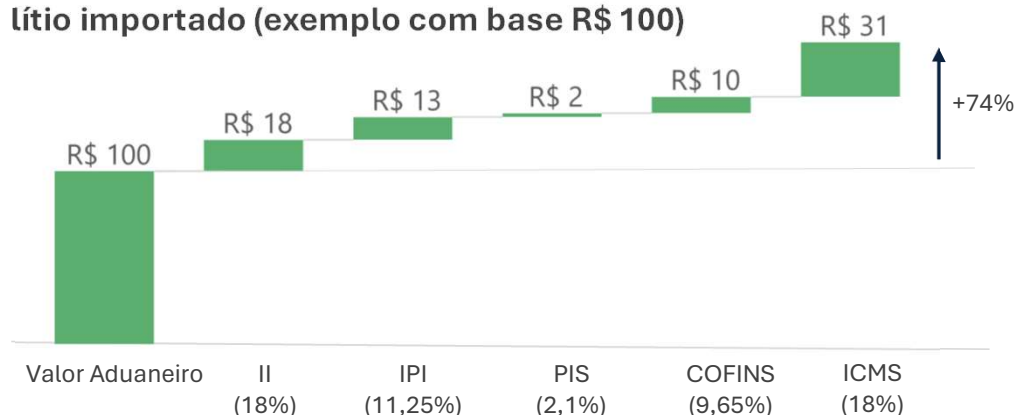
Dados da BloombergNEF apontam um custo internacional de US\$ 139/kWh para packs de baterias em 2023. No entanto, esse preço é verificado especialmente em veículos elétricos, e não inclui a instalação, equipamentos adicionais, margens de venda, etc., necessários em sistemas estacionários. Como mostra a figura acima, o preço da solução completa costuma ser bem superior ao preço das baterias.

PDE 2034 | Contexto nacional

Preço no Brasil

- Foi utilizado como referência um custo de R\$ 4.000/kWh para um sistema *turn-key* comercial ou residencial, com base no estudo da Greener e Newcharge (2021). No entanto, esse valor pode variar de acordo com o fornecedor, com a escala e configuração do empreendimento;
- Estima-se que atualmente haja um aumento de 74% no preço final das baterias em função da incidência de tributos (figura abaixo).

Efeito tributário sobre o preço de um sistema de baterias de lítio importado (exemplo com base R\$ 100)

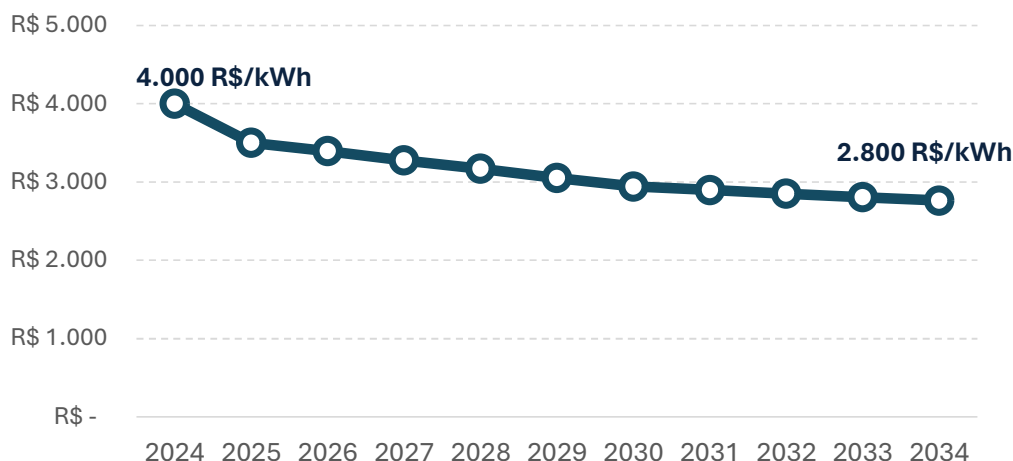


Nota: Números representam simulação feita para o NCM 8507.60.00 no [Simulador da Receita Federal](#), em 05/04/2023. A base de cálculo pode variar de acordo com o tributo.

Qual será o preço das baterias em 2034?

- Em termos internacionais, um estudo de Cole e Karmakar (2023) aponta uma queda de 30% no CAPEX de baterias de íon-lítio de grande porte entre 2024 e 2034;
- Aplicando-se a curva de redução desse estudo, estima-se um preço final nacional na faixa de R\$ 2.800/kWh em 2034;
- No entanto, a desoneração de alguns tributos nacionais poderia levar a preços ainda menores nos próximos dez anos.

Simulação de redução do preço de baterias no BR (R\$/kWh)



PDE 2034 | Contexto nacional e aplicações simuladas

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	✓	✓

Aplicações simuladas neste caderno:

- Gestão do consumo com tarifa branca para consumidores atendidos em baixa tensão (BT);
- Gestão do consumo com tarifa A4 – Verde para consumidores atendidos em média tensão. Simulação somente da bateria e também em comparação com solução diesel;
- Aumento do autoconsumo fotovoltaico para consumidores BT que possuem sistema de microgeração distribuída.

Sensibilidade ao preço do sistema de armazenamento

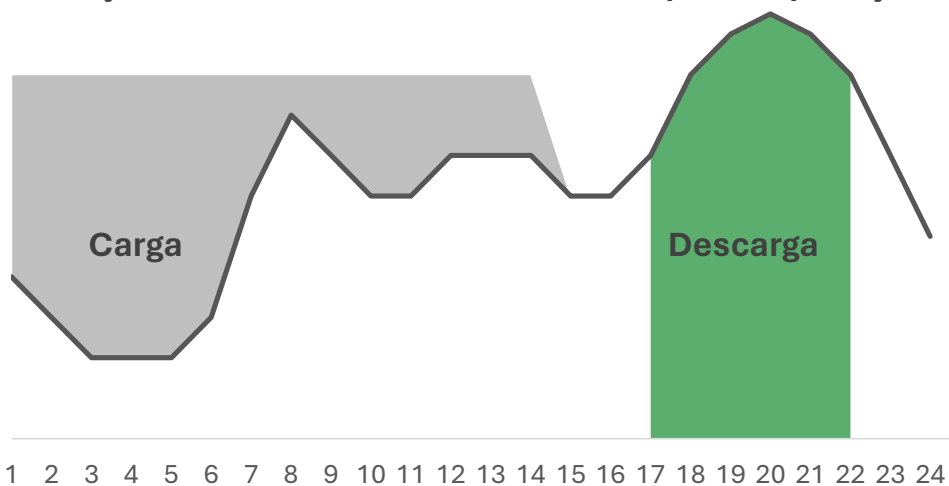
- Devido à incerteza no preço das baterias e sua perspectiva futura, a EPE realizou as simulações com preço final de R\$ 500 a R\$ 4.000/kWh. Com essa sensibilidade, o leitor pode estimar a viabilidade com base em diferentes valores.



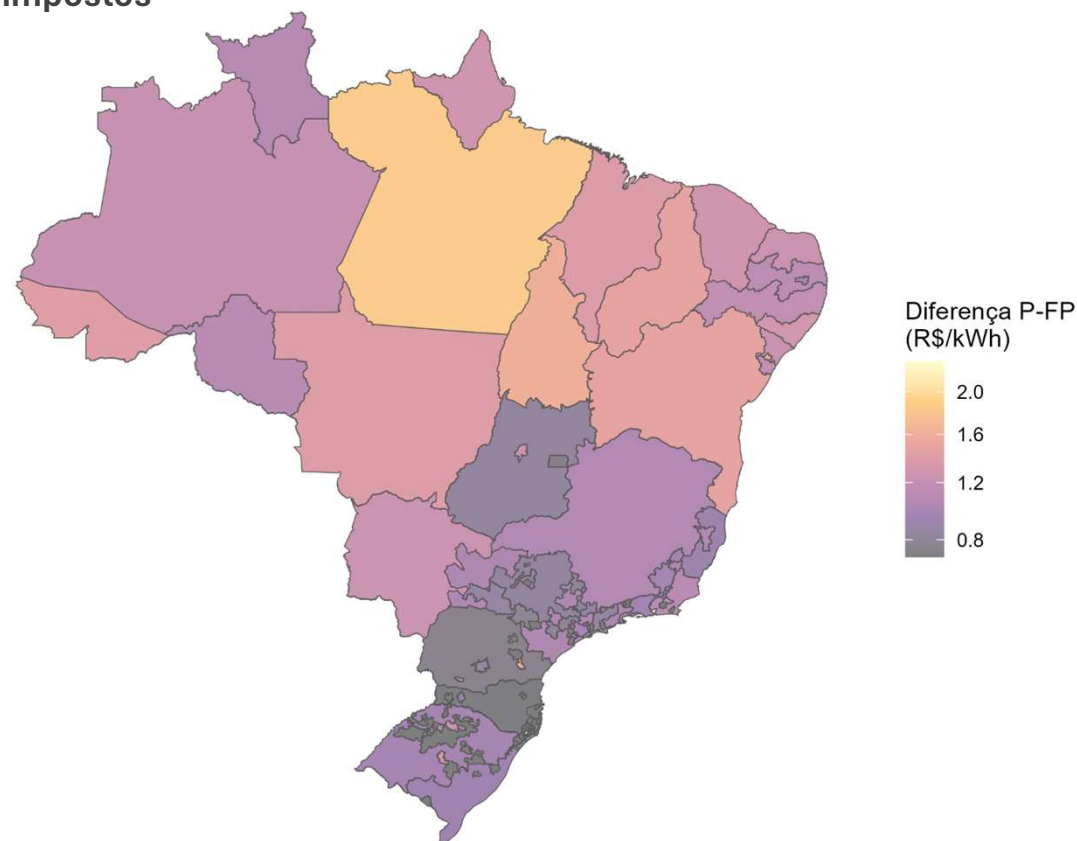
PDE 2034 | Aplicação I: Gestão do consumo com Tarifa Branca

- Desde 2018, consumidores atendidos em baixa tensão podem optar pela Tarifa Branca, com tarifas diferenciadas ao longo do dia;
- As baterias podem ser utilizadas para deslocar o consumo da ponta para fora da ponta. Quanto maior a diferença entre as tarifas, maior a atratividade;
- Diferença entre Tarifa de Ponta e Fora Ponta na Tarifa Branca é menor do que a diferença nas Tarifas do Grupo A.

Ilustração do funcionamento das baterias para a aplicação I

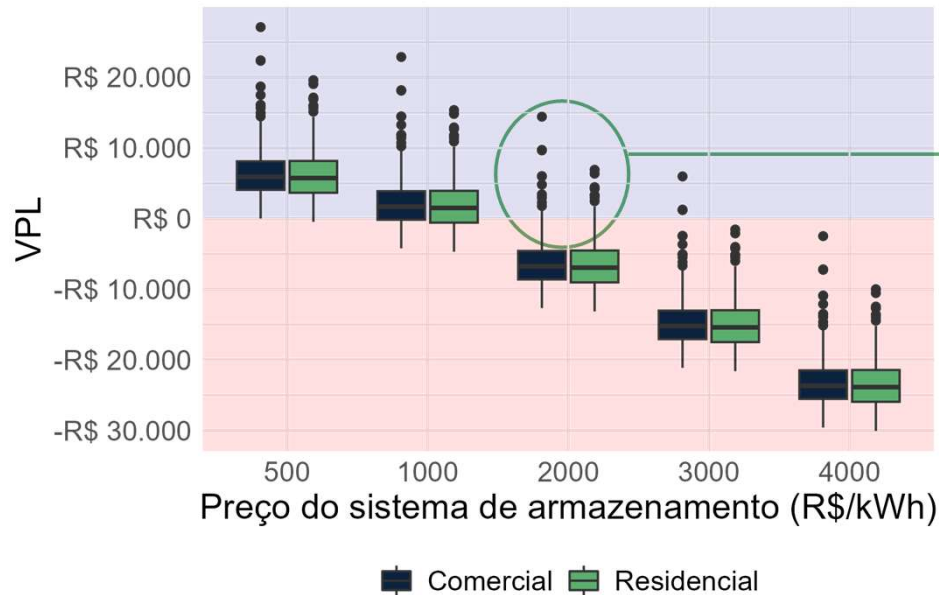


Diferença entre Tarifa Ponta menos Tarifa Fora Ponta, com impostos



PDE 2034 | Aplicação I: Gestão do consumo com Tarifa Branca

Distribuição do VPL do investimento em baterias para gestão do consumo com Tarifa Branca. Análise para diferentes distribuidoras.



- Com o preço de R\$ 4.000/kWh, a aplicação I é inviável economicamente para todos os consumidores simulados e em todas as distribuidoras;
- Com preço de R\$ 2.000/kWh, em algumas (pequenas) distribuidoras há viabilidade (VPL positivo):

EFLUL	↑ Maior Viabilidade
Equatorial PA	
Energisa TO	
EFLJC	
Energisa AC	
Nova Palma	
COCEL	

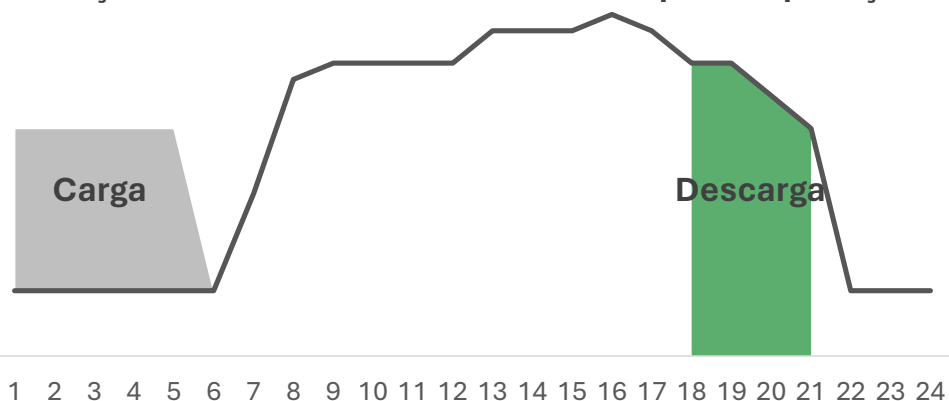
Nota: Preço final para o consumidor, representado em reais por unidade de armazenamento

Para a aplicação I, simulações demonstram que o preço das baterias teria que cair muito além do atual para que o investimento seja viável economicamente.

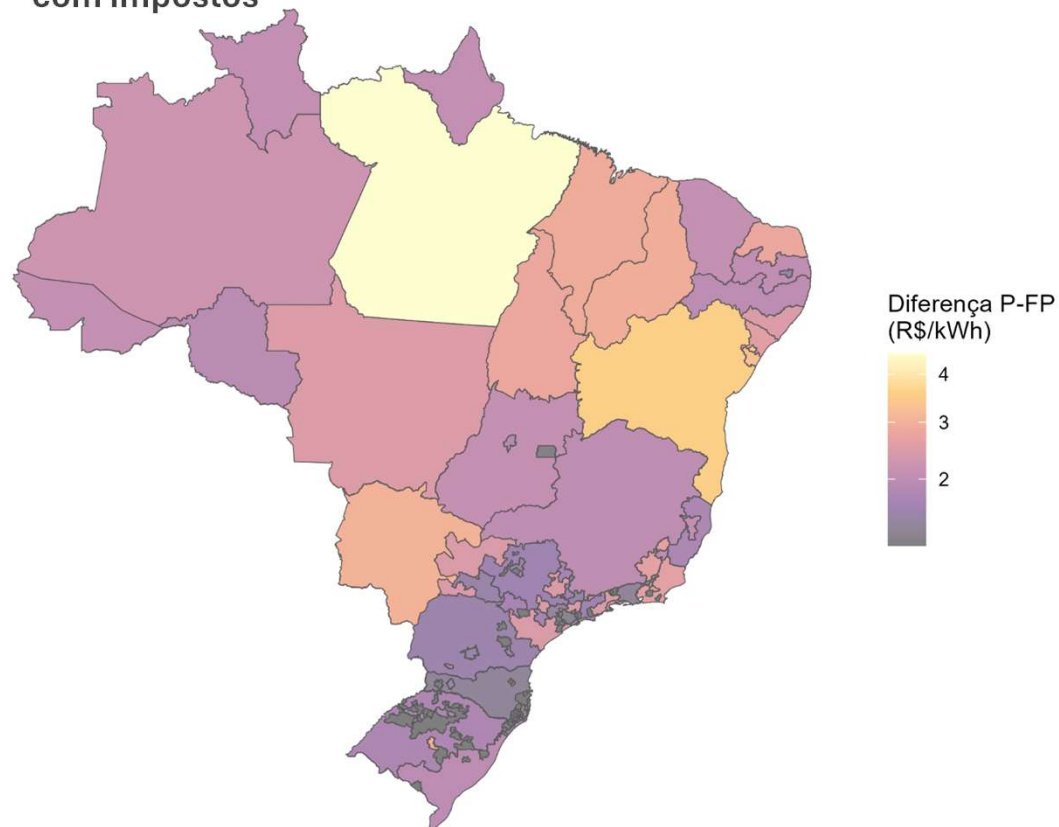
PDE 2034 | Aplicação II: Gestão de consumo com Tarifa A4 - Verde

- Desde 1988, consumidores atendidos em alta tensão são submetidos às tarifas horo-sazonais, com diferença entre horário de ponta e fora de ponta;
- As baterias podem ser utilizadas para deslocar o consumo da ponta para fora da ponta. Quanto maior a diferença entre as tarifas, maior a atratividade;
- No entanto, ressalta-se que muitos consumidores utilizam geradores a diesel para evitar o consumo no horário de ponta. Em 2015, a EPE estimou entre 7-9 GW de geradores para esse fim (EPE, 2015).

Ilustração do funcionamento das baterias para a aplicação II

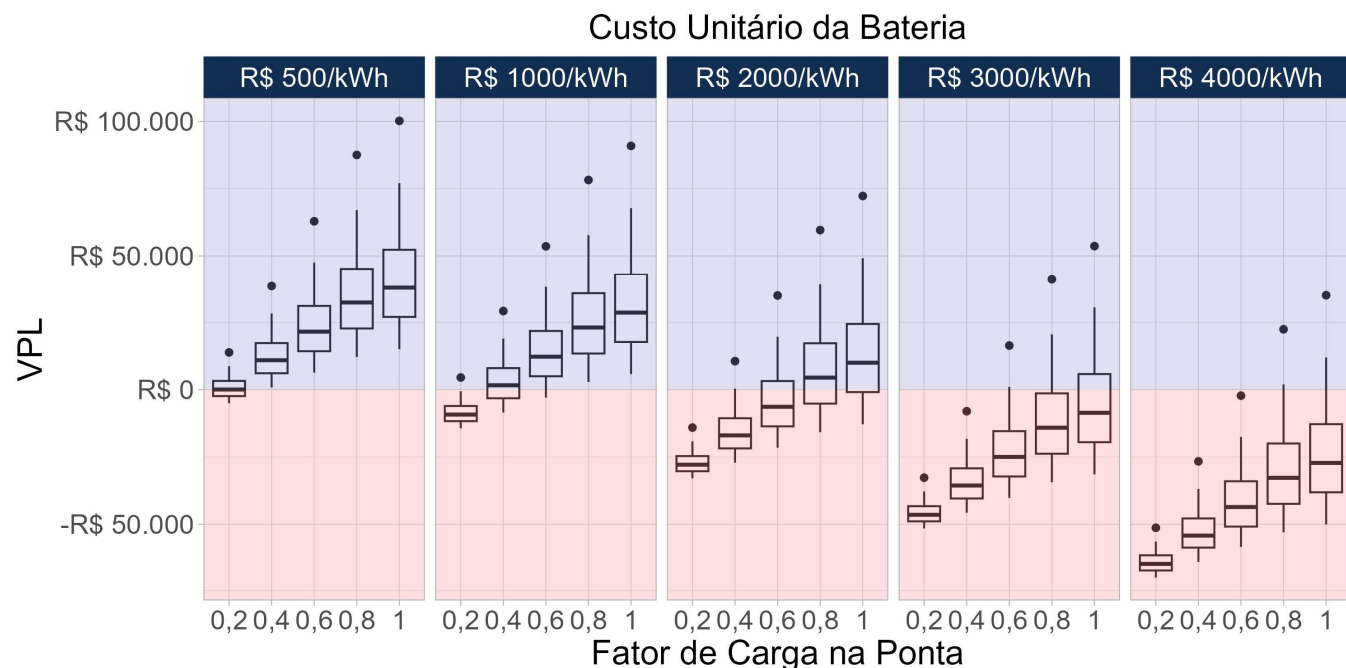


Diferença entre Tarifa A4 Verde Ponta menos Tarifa Fora Ponta, com impostos



PDE 2034 | Aplicação II: Gestão de consumo com Tarifa A4 - Verde

VPL do investimento em baterias para gestão do consumo com Tarifa A4 Verde de acordo com o preço final da bateria e fatores de carga na ponta. Análise para diferentes distribuidoras.



Entendendo o Fator de Carga na Ponta (FCp)

Esse fator anual é a relação do consumo médio de um consumidor no horário de ponta (MW_{méd}) pela sua demanda máxima no mesmo período (MW).

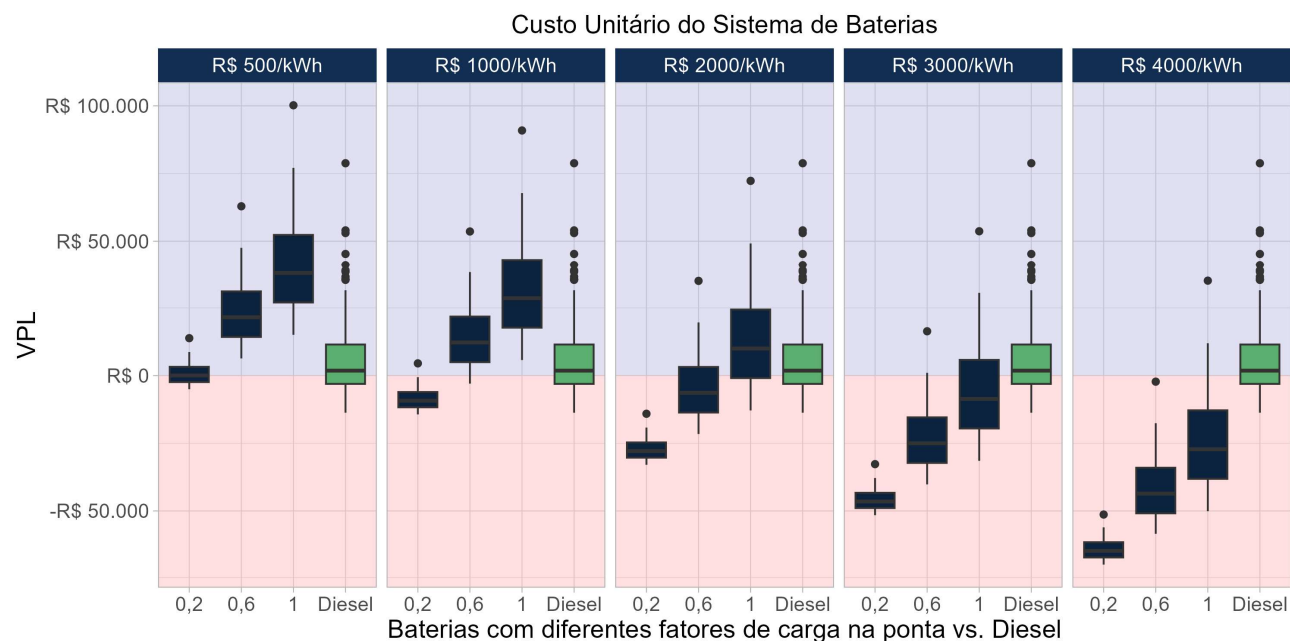
Um baixo FCp indica que a bateria ficaria ociosa na maior parte do tempo, diminuindo a atratividade do investimento.

- Resultados mostram que para consumidores com alto FCp, já pode ser viável a instalação de baterias em algumas distribuidoras com o preço atual.

Analisando exclusivamente a opção de baterias para o atendimento do horário de ponta, enxerga-se viabilidade econômica no horizonte decenal para consumidores com alto fator de carga na ponta.

PDE 2034 | Aplicação II comparada com geração a diesel

VPL do investimento em baterias *versus* geração a diesel para gestão do consumo com Tarifa A4 Verde de acordo com o preço final da bateria. Análise para diferentes distribuidoras.



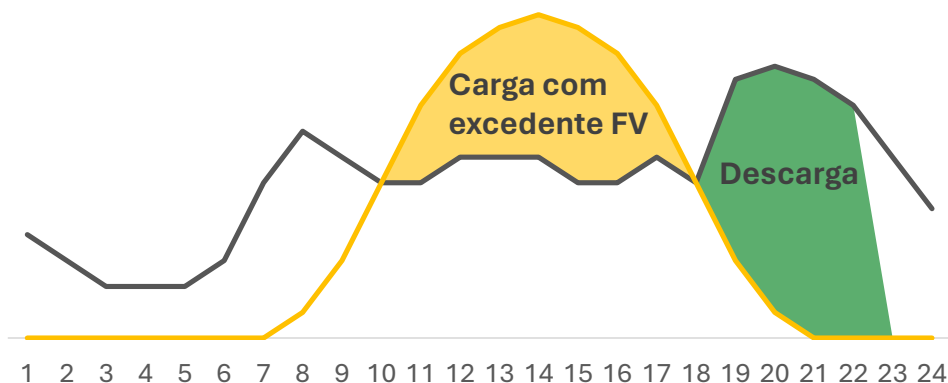
- Para um fator de carga na ponta (FCp) de 0,6, o custo das baterias precisaria ser próximo a R\$ 1.000/kWh para que o investimento seja mais atrativo que o investimento em geração a diesel para suprir o período de ponta;
- No entanto, consumidores com maior FCp podem atingir a viabilidade mais cedo.
- Adicionalmente, como aspectos elétricos, redução do ruído, logística de obtenção do diesel e questões ambientais podem estimular a troca do diesel por baterias.

A solução a diesel continua competitiva para a maioria dos consumidores dado o preço atual das baterias. No entanto, consumidores com alto FCp ou com necessidades específicas (elétricas, ambientais, logísticas) podem encontrar a viabilidade no investimento em baterias.

PDE 2034 | Aplicação III: Aumento do autoconsumo da micro GD

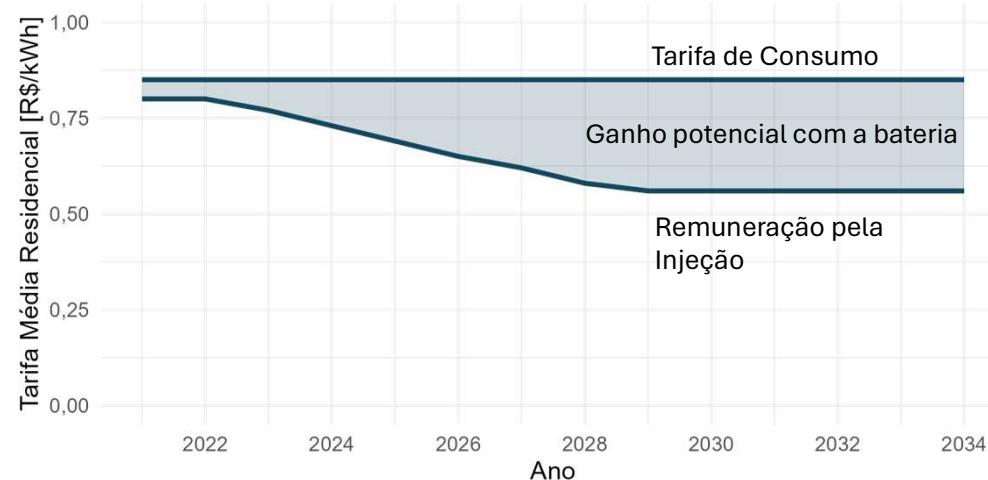
- A Lei nº 14.300/2022 trouxe uma mudança no Sistema de Compensação de Energia Elétrica que deve diminuir o valor da geração distribuída injetada na rede;
- Dessa forma, as baterias podem ser utilizadas para evitar a injeção na rede, armazenando o excedente da geração para consumo posterior;
- No entanto, a diferença entre a tarifa de consumo e a remuneração pela injeção na rede continua sendo baixa (ver gráfico ao lado). Logo, há pouco ganho potencial com o uso da bateria.

Ilustração do funcionamento das baterias para a aplicação III



- Em termos de operação, as variações da geração e do consumo fazem com que seja difícil otimizar o uso da bateria. Em alguns momentos, há muita geração e pouco consumo, carregando a bateria completamente e tendo que exportar para a rede parte da geração. Caso seja aumentada a capacidade da bateria, aumenta-se o custo do sistema, e em muitos momentos a capacidade é subutilizada. Por esse motivo, o dimensionamento não é trivial.

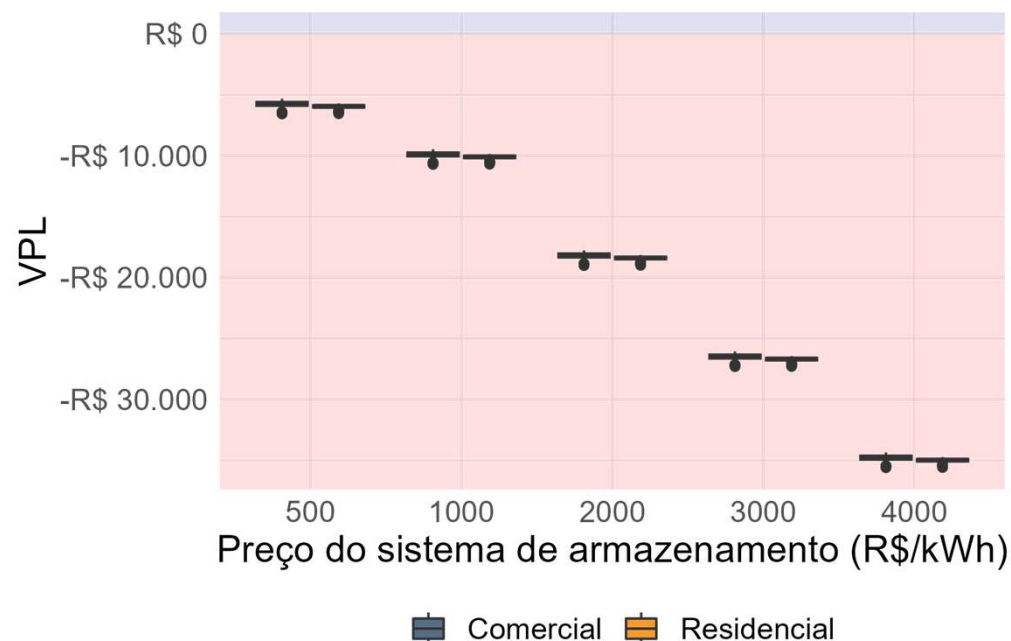
Tarifas de consumo e injeção com Lei nº 14.300/2022 (Residencial)



Notas: (1) a partir de 2029, considera o Cenário de Referência para MMDG, ou seja, sem a compensação da TUSD Distribuição; (2) Considera tarifa real constante.

PDE 2034 | Aplicação III: Aumento do autoconsumo da micro GD

VPL do investimento em baterias para o aumento do autoconsumo da micro GD. Análise para diferentes distribuidoras.



Os resultados da simulação mostram que dadas as regras previstas na Lei nº 14.300/2022, não há viabilidade econômica no investimento em baterias para fins de aumento do autoconsumo fotovoltaico.

O efeito da Lei nº 14.300/2022 na atratividade das baterias

- Conforme antecipado no slide anterior, a Lei nº 14.300/2022 prevê um pequeno e gradual desconto sobre a energia injetada na rede. Com isso, há pouco ganho para ser capturado com a instalação de uma bateria.
- Esse cenário pode se alterar a partir de 2029, quando a energia injetada na rede passará a ser valorada a partir de um cálculo de seus custos e benefícios. Quanto menor a remuneração pela energia injetada da GD, maior a viabilidade das baterias.

O estudo indica que a aplicação exclusiva de baterias para o aumento do autoconsumo da micro GD tem 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.

PDE 2034 | Baterias: Metodologia e Referências

METODOLOGIA

- Simulações horárias para um ano de operação, utilizando o software System Advisor Model (SAM);
- Dados horários de carga foram fornecidos, através de um acordo, pela empresa Sun Mobi. Após tratamento dos dados, foram utilizados dados de 15 consumidores BT residenciais e comerciais;
- Foi utilizado um fator de ajuste para que todos os consumidores totalizem um consumo anual de 10.000 kWh;
- Para a aplicação II, o consumo no horário de ponta foi alterado de forma a simular diferentes fatores de carga nesse período, com demanda máxima de 5 kW;
- Simulações com baterias de Lithium Ion (LFP), com mínimo State of Charge (SOC) de 10% e máximo de 100%. Eficiência do ciclo de 89%. Vida útil de 10 anos. OPEX de 0,5% do CAPEX ao ano. Degradação linear, atingindo 60% da capacidade com 4.000 ciclos e DoD = 90%;
- Taxa de desconto real de 6% a.a.;
- Tarifas de eletricidade de dezembro de 2022;
- Para a aplicação III, foi simulada a geração fotovoltaica horária com dados de cidades representativas de 35 distribuidoras. Dados de irradiação e temperatura da base de reanálise MERRA-2;
- Geração diesel simulada com CAPEX de R\$ 1.000/kW, OPEX de R\$ 25/MWh, preço do diesel por estado em junho de 2023 (mediana R\$ 4,60/litro) e consumo específico de 329 litros/MWh. Fator de emissões igual a 0,77 tCO₂/MWh. Fonte dos preços de combustível: ANP – Série histórica de levantamento de preços;
- Foram testadas diferentes configurações de potência e capacidade de armazenamento para cada aplicação. Os gráficos mostram a configuração que teve o melhor resultado médio:
 - Aplicação I: 2 kW/8 kWh;
 - Aplicação II: 5 kW/18 kWh (equivalente a 300 kW/1080 kWh);
 - Aplicação III: 4 kW/8 kWh.

REFERÊNCIAS

- BloombergNEF, 2023. Battery Prices Are Falling Again as Raw Material Costs Drop. November 26, 2023.
- EPE, 2015. Estimativa da Capacidade Instalada de Geração Distribuída no SIN: Aplicações no Horário de Ponta. Fevereiro de 2015.
- Figgenger, J. et al., 2021. The development of stationary battery storage systems in Germany – status 2020. Journal of Energy Storage, v. 33, 2021.
- Greener e Newcharge, 2021. Estudo Estratégico Mercado de Armazenamento. Aplicações, Tecnologias e Análises Financeiras.
- Cole, W. e Karmakar, A., 2023. Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage: 2023 Update. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-6A40-85332. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85332.pdf>
- Trading Economics, 2024. Lithium. Disponível em: <https://tradingeconomics.com/commodity/lithium> Acesso em 04/04/2024.



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

