

NOTA TÉCNICA EPE DEA-SEE 009/2023

Resultados da Consulta Pública de Aprimoramentos no Modelo de Mercado da Micro e Minigeração Distribuída (4MD)

Julho de 2023



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo
Efrain Pereira da Cruz

Secretário Nacional de Transição Energética e Planejamento
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Secretário de Energia Elétrica
Gentil Nogueira de As Junior

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Combustíveis Renováveis**
Pietro Adamo Sampaio Mendes

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**
Vitor Eduardo de Almeida Saback



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente
Angela Regina Livino de Carvalho (interina)

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Giovani Vitoria Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Giovani Vitoria Machado (interino)

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível
Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa
Angela Regina Livino de Carvalho

URL: www.epe.gov.br

Sede
Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia - Sala 752 - 7º andar - 70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central
Praça Pio X, nº 54
20091-040 - Rio de Janeiro - RJ

NOTA TÉCNICA EPE DEA-SEE
009/2023

Resultados da Consulta Pública de Aprimoramentos no Modelo de Mercado da Micro e Minigeração Distribuída (4MD)

Coordenação Geral
Giovani Vitoria Machado

Coordenação Executiva
Carla da Costa Lopes Achão
Luciano Basto Oliveira

Equipe Técnica
Aline Moreira Gomes
Alex Yujhi Gomes Yukizaki
Daniel Silva Moro
Gabriel Konzen
Lena Santini Souza Menezes Loureiro
Lidiane de Almeida Modesto
Marcelo Henrique Cayres Loureiro
Mariana Weiss de Abreu
Simone Saviolo Rocha
Thiago Toneli Chagas

Nº EPE-DEA-SEE NT 009/2023
Data: julho de 2023

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES	3
2.1	Faz sentido expandir o mercado nicho residencial? Qual corte deve ser aplicado para definir os potenciais adotantes?	3
2.2	Qual fator comercial deve ser utilizado para delimitar o mercado nicho comercial? Há algum dado de mercado que possa ser utilizado como proxy para essa escolha?.....	4
2.3	Qual fator de sensibilidade ao <i>payback</i> (SPB) deve ser utilizado? Há outra curva que melhor reflita o interesse do consumidor em realizar o investimento dado o retorno do investimento?.....	4
2.4	Há melhor forma de estimar o mercado potencial com base em métricas financeiras distintas do <i>payback</i> ?	5
2.5	Quais limites superiores poderiam ser utilizados para os parâmetros de inovação (p) e imitação (q)?	5
2.6	Como modelar a migração para o mercado livre e a evolução do mercado nicho para MMGD no Brasil?	6
2.7	Há sugestão de metodologia para distinguir potenciais consumidores remotos e locais para unidades não residenciais?	7
2.8	Qual premissa de evolução da potência média dos sistemas de MMGD é mais adequada para ser incorporada no 4MD?	9
2.9	Qual método pode ser utilizado para estimar a adoção por fonte?.....	10
2.10	Quais fatores de autoconsumo podem ser utilizados, por fonte e segmento?.....	12
2.11	Há sugestões adicionais relacionadas à metodologia?	12
2.11.1	Cálculo da geração de energia	12
2.11.2	Degradação da produtividade	13
2.11.3	Modelos alternativos	13
2.11.4	Evolução do CAPEX.....	14

2.11.5	Governança	14
3	REFERÊNCIAS.....	17

I INTRODUÇÃO

A EPE, por meio da Nota Técnica DEA-SEE 017/2022, buscou discutir publicamente aprimoramentos ao Modelo de Mercado da Micro e Minigeração Distribuída (4MD). A partir de uma série de questões levantadas pela EPE, foram recebidas contribuições entre 04/01/2023 e 10/02/2023. A EPE agradece às contribuições recebidas e as analisa na sequência desta Nota Técnica.

2 ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES

2.1 Faz sentido expandir o mercado nicho residencial? Qual corte deve ser aplicado para definir os potenciais adotantes?

Para a CCR, faz sentido a expansão para o nicho residencial, sendo aplicado o corte de 12% da população. Esse valor é baseado em uma pesquisa da ANBIMA que mostra que 12% da população brasileira tem interesse em realizar algum tipo de investimento.

Comentário EPE: o filtro utilizado atualmente pela EPE (domicílios cuja renda do responsável é superior a 3 salários-mínimos) já representa cerca de 18% dos domicílios¹. Portanto, a sugestão de 12%² não levaria à expansão do mercado nicho residencial.

O grupo CPFL não acredita ser coerente com a realidade econômica do brasileiro reduzir a premissa de um piso salarial de 3 salários-mínimos (do responsável pelo domicílio) para 2, principalmente por verem uma diminuição do poder de compra da população e o significativo comprometimento da renda com endividamento. Sugerem que seja feita uma análise do mercado potencial por faixa de consumo.

Comentário EPE: A definição do mercado nicho por faixa de consumo pode trazer maior detalhamento às projeções, sendo desejável a sua implementação. No entanto, essa melhoria precisa manter a característica de uso de dados públicos. Nesse sentido, uma possibilidade levantada pela EPE é o uso da Base de Dados Geográfica da Distribuidora (BDGD), disponibilizada pela ANEEL.

O grupo Enel Brasil recomenda que a EPE utilize as informações divulgadas pelas distribuidoras à ANEEL por meio do SAMP (Sistema de Acompanhamento de Informações de Mercado para Regulação Econômica).

¹ Cálculo a partir dos microdados do Censo 2010 do IBGE.

² Cabe uma ressalva de que os números não são perfeitamente comparáveis em função de um tratar de domicílios e outro de população.

Comentário EPE: os dados do SAMP não oferecem abertura por faixa de consumo que possibilite fazer alguma segmentação do mercado nicho residencial, como é feito atualmente.

2.2 Qual fator comercial deve ser utilizado para delimitar o mercado nicho comercial? Há algum dado de mercado que possa ser utilizado como proxy para essa escolha?

A CCR sugeriu inicialmente utilizar algum dado de faturamento por segmento como proxy para o filtro comercial. Como exemplo, é citada uma pesquisa anual do Comércio de 2020 publicada pelo IBGE, que indica que o segmento de atacado teve uma participação de 47% na receita operacional do setor comercial. No entanto, a CCR reconhece posteriormente que esse é um dado pouco consistente para ser utilizado como proxy.

Comentário EPE: Outros segmentos do setor comercial, além do segmento de atacado, são clientes de MMDG. Portanto, a EPE concorda que utilizar o valor indicado não é um bom proxy.

A CPFL fez recomendações alinhadas com as anteriores, relacionadas ao setor residencial. Segundo a empresa, sugere-se que haja uma abertura no SIMPLES para as distribuidoras enviarem a quantidade de clientes por faixas de consumo das classes industrial, comercial, rural, poder público e serviço público do BT, assim como é feito para a classe Residencial.

Comentário EPE: a EPE entende que o mesmo dado pode ser conseguido através da BDGD, não sendo necessária a criação de demanda adicional para as distribuidoras.

A ENEL sugeriu que a EPE utilize a base SAMP da ANEEL para levantar o número de consumidores de todas as classes.

Comentário EPE: a base de dados do número de consumidores não residenciais utilizada atualmente no 4MD já é o SAMP, disponibilizado na forma do [Relatório Mercado Cativo - SAMP \(Atualização Mensal\)](#).

2.3 Qual fator de sensibilidade ao *payback* (SPB) deve ser utilizado? Há outra curva que melhor reflita o interesse do consumidor em realizar o investimento dado o retorno do investimento?

A CCR defende que, em princípio o fator 0,3 é mais adequado por refletir o perfil mais conservador de muitos investidores brasileiros. Adicionalmente, sugerem a realização de uma pesquisa destinada a compreender qual o tempo médio de expectativa de recuperação de rendimentos.

Comentário EPE: A pesquisa sugerida é importante, estando indicada na própria nota metodológica do modelo (EPE, 2022): *“Como sugestão de aprimoramento da metodologia está uma pesquisa da propensão dos domicílios e firmas em adotarem um sistema de geração*

distribuída de acordo com o tempo de retorno do investimento.”. É um tipo de estudo de campo que depende de equipe externa (contratação ou parceria) para a realização.

O Grupo CPFL discute inicialmente como diferentes modelos de negócios, por exemplo, de parcelamento e cooperativas, podem tornar o brasileiro menos susceptível ao tempo de payback. Assim, a CPFL entende que o fator de sensibilidade ao payback precisa corresponder à realidade de cada classe. Portanto, recomenda-se que a EPE realize estudos comparativos entre diferentes fatores de sensibilidade ao payback para definir aqueles que se adequem melhor para cada classe, localidade e grupo de tensão.

Comentário EPE: É possível incluir o fator de SPB como mais um parâmetro para ser calibrado por segmento e distribuidora, em conjunto com os parâmetros p e q . Na ausência de uma pesquisa de mercado, como sugerido pela CCR, essa é uma alternativa que pode ser avaliada no futuro.

Adicionalmente, a CPFL faz um alerta sobre duas metodologias distintas para cálculo de payback: de fluxo de caixa estático e dinâmico, sendo que a segunda é mais adequada por considerar as tarifas de compensação vigentes ao longo do investimento.

Comentário EPE: O 4MD já utiliza um fluxo de caixa dinâmico, como sugerido. Nele, é considerado o cronograma de cobrança pelo uso da rede de distribuição (Fio B) ao longo dos próximos anos, o que resulta em uma diminuição da receita de um sistema de GD instalado a partir de 2023. Por outro lado, é previsto um reajuste tarifário que segue a inflação, o que resulta num aumento da receita. Portanto, esses dois movimentos são capturados no 4MD.

2.4 Há melhor forma de estimar o mercado potencial com base em métricas financeiras distintas do *payback*?

Não houve contribuição a esse tema.

2.5 Quais limites superiores poderiam ser utilizados para os parâmetros de inovação (p) e imitação (q)?

A CCR sugere uma ampliação dos estudos sobre os fatores, com a determinação dos fatores por tipo de geração e segmento.

Comentário EPE: O 4MD já realiza a calibração dos fatores por segmento e distribuidora, o que significa 270 curvas de difusão distintas. A calibração por fonte é mais complexa de ser executada, pois, na metodologia atual, a abertura por fonte ocorre depois da calibração.

A EDP entende ser necessária a realização de uma segunda rodada de discussões, onde possam ser apresentados resultados das simulações do modelo, considerando dados dos anos anteriores, comprovando sua aderência ao passado. Ou seja, com os dados de MMDG realizados para os anos anteriores, calibrar os parâmetros do modelo de forma a chegar no valor verificado com margens mínimas de erro em relação a eles.

Comentário EPE: a calibração dos parâmetros p e q a partir de dados históricos já é realizada utilizando o Método dos Mínimos Quadrados. Outra interpretação para a contribuição da EDP é a realização de *backtesting* a partir de uma parcial do histórico disponível.

O Grupo Enel apenas menciona que o mercado potencial precisa ser calibrado a partir das informações divulgadas pelas distribuidoras, a fim de capturar a realidade do mercado potencial brasileiro.

Comentário EPE: a EPE já realiza a calibração com dados históricos enviados pelas distribuidoras.

2.6 Como modelar a migração para o mercado livre e a evolução do mercado nicho para MMGD no Brasil?

Em relação à taxa de crescimento do mercado, o Grupo CPFL sugere que a EPE valide os resultados dos modelos de expansão do mercado residencial através de estudos de elasticidade com o crescimento populacional. São citados exemplos de modelos utilizados internamente pela CPFL, como modelos Autorregressivos de Média Móvel (ARIMA) e de Suavização Exponencial.

A ENEL sugere a construção de uma taxa de crescimento multipartes, a partir da combinação da evolução de variáveis econômicas, sociais e demográficas. Como exemplo, o crescimento do mercado de energia elétrica tanto na ótica do consumo quanto do número de unidades consumidoras (informação da ANEEL/SAMP), a evolução da renda regional da área de concessão (informação do IBGE), o crescimento industrial e comercial da região verificado pelos índices de desempenho desses segmentos (PIA do IBGE e ICI da FGV) e a taxa de crescimento das tarifas de energia elétrica (informação da ANEEL), de forma a ser mais realista com o mercado de cada distribuidora.

Comentário EPE: Ambas contribuições sugerem metodologias mais detalhadas para estimar o crescimento do mercado nicho residencial. A EPE reconhece a necessidade de desenvolver estudos nessa área.

A ENEL comenta que a taxa de crescimento do mercado de MMGD tem sido bastante superior ao PIB do país, destacando que a variável PIB sozinha não seria suficiente para determinar a adesão neste mercado. Assim, esse fato poderia explicar, em parte, as defasagens entre a projeção e realizado nos cenários do modelo 4MD.

Comentário EPE: A EPE concorda que deve ser feita uma distinção entre a taxa de crescimento do mercado nicho e a taxa de crescimento dos adotantes. O PIB é utilizado para estimar a taxa de crescimento do mercado nicho, enquanto a taxa de crescimento dos adotantes é resultado de mais uma série de fatores, como o valor do *payback* e a curva S de difusão. A taxa de crescimento do PIB busca apenas representar o crescimento do número de domicílios cujo salário seja compatível com um investimento em MMGD. Logo, essa taxa é naturalmente inferior à taxa de crescimento dos adotantes, que entre 2021 e 2022 foi de aproximadamente 90% (EPE, 2023).

Em relação ao crescimento dos consumidores de Alta Tensão, a CPFL sugere unir esse estudo com uma projeção da migração de clientes para o mercado livre. Nessa mesma linha, a ENEL sugere que a EPE avalie por meio de análise de benchmarking internacional o tamanho da migração para o mercado livre em outros países, de forma a tentar estimar essa variável proxy ao caso brasileiro. Adicionalmente, sugerem que seja realizada uma sensibilidade utilizando a diferença de payback entre os cenários de migrar ao mercado livre e realizar o investimento em MMGD nos próximos anos, de forma a entender qual escolha é mais vantajosa ao consumidor, para os casos em que a variável de decisão seja unicamente o custo.

Comentário EPE: Ambas contribuições sugerem metodologias mais detalhadas para projetar a migração para o mercado livre. A EPE reconhece a necessidade de desenvolver estudos nessa área.

2.7 Há sugestão de metodologia para distinguir potenciais consumidores remotos e locais para unidades não residenciais?

Em relação ao Fator de Aptidão Local (FAL) residencial, a ENEL argumenta que os fatores extraídos do Censo 2010, a partir do trabalho de Konzen (2014) estão obsoletos, e que essa referência precisa ser atualizada com uma periodicidade maior. Para isso, sugerem utilizar a base de dados da PNAD Contínua - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua elaborada pelo IBGE. Como essa base não permite extrair fatores por distribuidora, é sugerido utilizar os fatores por UF, como uma proxy para os valores por distribuidora. De modo similar, a CPFL também sugere que os fatores extraídos do Censo 2010 do IBGE precisam passar por uma revisão.

Comentário EPE: A EPE realizou uma comparação dos fatores de aptidão local obtidos através do Censo 2010 e da PNAD-C 2019, dados da 1ª visita. Para possibilitar a comparação, em função da base do Censo ser mais granular, podendo ser agrupada por distribuidora, e da PNAD-C ser por UF, foram mantidos apenas estados que possuem quase que a totalidade dos consumidores atendidos por apenas uma distribuidora.

Tabela 1 - Comparação do Fator de Aptidão Local

UF	Distribuidora	Censo 2010	PNAD-C 2019
Rondônia	ERO	70%	68%
Acre	EAC	80%	78%
Pará	EQUATORIAL PA	77%	75%
Amapá	CEA	78%	78%
Tocantins	ETO	69%	69%
Maranhão	EQUATORIAL MA	82%	82%
Piauí	EQUATORIAL PI	80%	82%
Ceará	ENEL CE	69%	66%
Rio Grande do Norte	COSERN	71%	66%
Pernambuco	CELPE	69%	67%

Alagoas	EQUATORIAL AL	69%	68%
Bahia	COELBA	74%	72%
Minas Gerais	CEMIG	66%	62%
Mato Grosso do Sul	EMS	65%	61%
Mato Grosso	EMT	66%	63%
Goiás	ENEL GO	61%	62%
Distrito Federal	CEB	46%	45%

Percebe-se que há pouca diferença entre as duas bases. Em complemento, deve-se atentar que o uso da PNAD-C requereria, conforme sugestão da ENEL, utilizar o mesmo fator estadual para todas as distribuidoras daquele estado. Essa aproximação deixa de capturar características de cada distribuidora, visível especialmente em estados com distribuidoras que atendem a capital e distribuidoras que atendem o interior. Por exemplo, o FAL para a distribuidora LIGHT é de 57%, enquanto da distribuidora ENEL RJ é de 69%. O FAL para a ENEL SP é de 52%, enquanto para a ELEKTRO o FAL é de 68%. Portanto, dada a diferença entre as duas bases e as limitações de estender o FAL por UF para diferentes distribuidoras (dado que em uma mesma UF há distribuidoras com FAL muito discrepantes), julga-se apropriado manter o Censo como referência para o FAL.

Quanto a aplicar o percentual de casas próprias para a classe residencial, o Grupo CPFL sugere que o FAL reflita a quantidade de casas em relação ao total de habitações no Brasil, em uma tentativa de excluir as habitações em formatos de apartamentos e não mais excluir as residências alugadas, uma vez que o fato de ser alugada, não exclui a possibilidade de ter instalação de GD, pois uma série de acordos podem ser feitos com o proprietário.

Comentário EPE: A posse de imóveis é internacionalmente reconhecida como um fator determinante na adoção (REAMES, 2021). Embora a adoção por inquilinos exista, se dá em menor grau que em domicílios próprios (BEST, 2022). Portanto, a EPE entende que é necessário ter mais evidências da adoção por inquilinos no Brasil para incluir esse grupo no modelo.

Com relação ao Fator de Aptidão Local (FAL) dos demais segmentos, a ENEL sugere não utilizar o mesmo do residencial. Para isso, indicam analisar historicamente a evolução da adesão de geração entre autoconsumo remoto e local e construir uma variável proxy para determinar essa abertura no modelo 4MD.

Comentário EPE: A EPE implementou essa opção na versão 0.1.4 do pacote. Com isso, ao gerar uma projeção através da função *epe4md_calcula* é possível alterar o parâmetro *fator_local_comercial* de “residencial” para “histórico”. No entanto, deve-se alertar que a proporção histórica entre sistemas locais e remotos pode não ser um bom indicador do mercado potencial futuro de cada grupo. Sistemas remotos tendem a depender de modelos de negócio mais complexos, o que pode justificar a menor proporção desse tipo de tipologia até o momento.

A CCR fez uma sugestão de estudo relacionando o potencial remoto e local a partir da localização dos consumidores. Ou seja, consumidores próximos a centros urbanos estariam mais suscetíveis a sistemas remotos e consumidores mais afastados teriam maior disponibilidade de telhados para a instalação de sistemas locais.

Comentário EPE: Conceitualmente, a sugestão faz sentido. No entanto, a metodologia sugerida é pouco específica.

Por fim, a CPFL sugeriu que não seja utilizado o fator de aptidão local para consumidores da classe Rural, uma vez que é razoável assumir que possuem terreno suficiente para instalação dos painéis.

Comentário EPE: Faz sentido a sugestão, embora dependa primeiramente de uma abertura das projeções por classe. Atualmente, a classe Rural é modelada em conjunto com as classes não residenciais. Uma alternativa de implementação mais simples é calcular “por fora” qual a participação da classe Rural dentre as demais e estimar um novo FAL com esse dado.

2.8 Qual premissa de evolução da potência média dos sistemas de MMGD é mais adequada para ser incorporada no 4MD?

O Grupo CPFL verificou uma queda da potência média instalada nas distribuidoras do grupo ao longo do tempo, que evidenciam que consumidores com consumos cada vez menores estão aderindo a esta tecnologia. Assim, na tentativa de captar melhor a evolução desta premissa ao longo do tempo, o Grupo sugere uma análise de séries temporais para a geração de uma previsão da capacidade instalada média no futuro.

Comentário EPE: A projeção da potência via séries temporais pode levar a resultados opostos à tendência esperada. A projeção ilustrada na figura a seguir, por exemplo, foi realizada com o método de suavização exponencial e indica um aumento na potência média do segmento residencial. Como discutido na Nota Técnica, se espera que ocorra um ponto de inflexão em algum momento, com a redução da potência média. Portanto, é necessário estudar melhor se a análise de séries temporais é capaz de capturar essa tendência de longo prazo esperada.

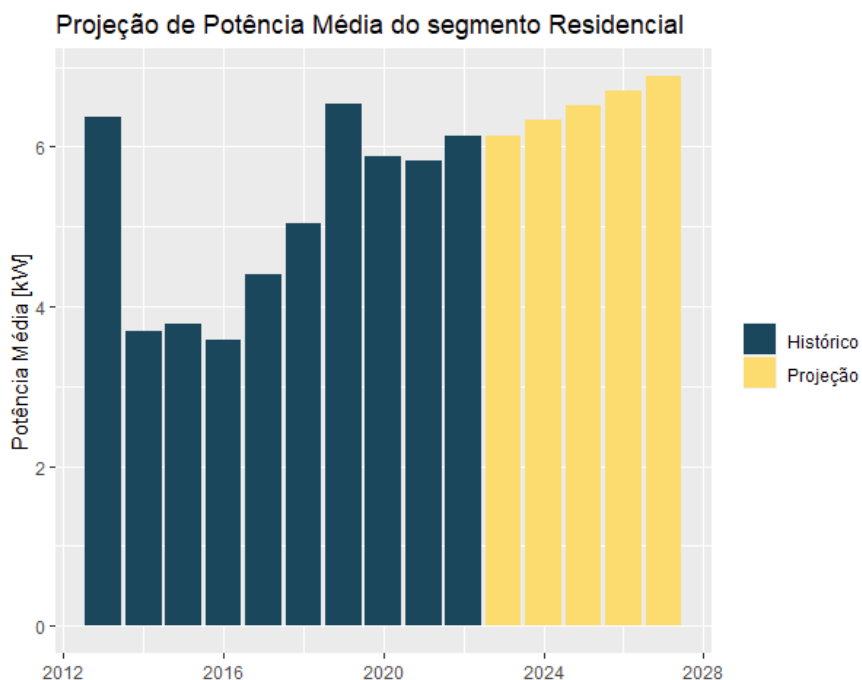


Figura 1 - Projeção via suavização exponencial

A Enel fez uma contribuição relacionada ao tema, que diz respeito ao caso de a distribuidora não possuir dados históricos em determinada fonte ou segmento. Nesse caso, ao invés de utilizar a potência média nacional para preencher, eles acreditam que pode ser mais eficiente a utilização do mercado de outras distribuidoras que tenham dimensão e características socioeconômicas semelhantes.

Comentário EPE: Na prática, a EPE verificou que essa premissa não tem efeito no resultado, porque se não há histórico de adoção de uma determinada fonte ou segmento em certa distribuidora, então também não haverá projeção de adotantes daquela fonte ou segmento nessa distribuidora. Logo, a imputação da potência média para os casos faltantes é desnecessária e pode ser, inclusive, retirada do modelo.

A CCR sugeriu uma metodologia baseada no custo de instalação dos sistemas e no percentual de variação do IDH.

Comentário EPE: A metodologia apresentada é pouco clara, impossibilitando a sua aplicação.

2.9 Qual método pode ser utilizado para estimar a adoção por fonte?

O Grupo CPFL comentou que pela baixa representatividade das demais fontes em relação ao total de MMGD instalado na área de concessão das distribuidoras que fazem parte do grupo, as projeções para essas fontes podem perpetuar a observação do último mês realizado sem prejuízos significativos. Ou seja, continuar utilizando o método atual.

O Grupo ENEL recomendou que a EPE avalie se há potencial de maior penetração e desenvolvimento de outras fontes além da solar fotovoltaica, a partir das alterações trazidas pela Lei nº 14.300. As mudanças trazidas, especialmente para solar flutuante, podem impulsionar a adesão de clientes cada vez menores, que antes não faziam parte do mercado potencial de MMGD (seja por não possuírem capital para investimento ou terreno para construção) à projetos conhecidos como 'energia por assinatura'. Desta forma, sugerem considerar o potencial crescimento desta fonte em áreas que possuem grandes reservatórios. De modo similar, a CCR recomendou ampliar os estudos para outras fontes.

Comentário EPE: Em relação à solar flutuante, a Lei nº 14.300 trouxe a esse tipo de projeto uma exceção à regra de divisão de unidades geradoras. Ou seja, a Lei, de modo geral, veda a divisão de central geradora em unidades de menor porte para se enquadrar nos limites de potência para microgeração ou minigeração distribuída. Para projetos fotovoltaicos flutuantes, é permitida a construção de plantas de maior porte, dividindo-a. Esse ganho de escala pode melhorar a viabilidade econômica de projetos flutuantes. Por outro lado, conforme identificado pela EPE (2020), projetos flutuantes tem custos superiores a projetos em solo, o que dificulta a competitividade desse tipo de projeto. Portanto, é necessário monitorar o mercado para entender se projetos flutuantes se tornarão populares no Brasil.

Em relação às alterações trazidas na Lei para fontes despacháveis, a EPE identificou as seguintes vantagens:

- Outras fontes podem ter escala maior, com projetos de até 5 MW, enquanto a FV é limitada a 3 MW;
- Fotovoltaica remota ou compartilhada acima de 500 kW precisa pagar, a partir de 2023, 100% do FIO B, 40% do FIO A e 100% de encargos de P&D e TFSEE. Por outro lado, projetos de fontes despacháveis não entram nessa regra.
- Outras fontes têm mais tempo (30 meses ao invés de 12) para terminar obras de mini GD com regra de compensação antiga (projetos que protocolaram solicitação de acesso até 5 de janeiro de 2023).

No entanto, há dúvida se os benefícios elencados serão capazes de mudar substancialmente a participação das demais fontes no mercado de MMGD no Brasil. Como apresentado no PDE 2031 (MME/EPE, 2022), projetos de geração remota de outras fontes já eram mais competitivos economicamente que projetos fotovoltaicos. Mesmo assim, a fonte fotovoltaica é predominante em função de outras características, como: (a) recurso solar mais uniforme geograficamente, o que permite desenvolver projetos em diversos locais, podendo se adequar à infraestrutura de distribuição existente; (b) maior modularidade da tecnologia, o que facilita o dimensionamento para cada cliente; (c) maior capilaridade de empresas integradoras e fornecedores de equipamentos; (d) baixa necessidade de operação e manutenção frente às demais fontes, o que facilita a operação remota. Portanto, a EPE entende que é necessário monitorar o mercado por mais tempo para entender os impactos da Lei nº 14.300 no desenvolvimento de projetos de outras tecnologias.

Adicionalmente, o Grupo ENEL sugere que a EPE amplie a lista de fontes, de quatro para 14, de forma a ficar compatível com a taxonomia utilizada pela ANEEL no cadastro de empreendimentos de MMDG.

Comentário EPE: A abertura exigiria a especificação de fatores de capacidade mensais e o CAPEX por fonte. Há poucas referências sobre as fontes menos populares. Adicionalmente, dada a baixa inserção de termelétricas, fazer uma desagregação por combustível e a posterior projeção com base no histórico levaria a resultados pouco precisos.

2.10 Quais fatores de autoconsumo podem ser utilizados, por fonte e segmento?

A CPFL apresentou a metodologia utilizada pelo grupo, em que as curvas de autoconsumo são obtidas a partir do cruzamento das curvas de carga da campanha de medidas com a curva de irradiação solar média, na frequência mensal e ponderada para o ano. Adicionalmente, apresentou uma tabela comparativa dos valores da EPE com os valores calculados em cada distribuidora do grupo.

	EPE	Distribuidora A	Distribuidora B	Distribuidora C	Distribuidora D
Residencial BT	40%	37,3%	39,2%	36,8%	37,4%
Comercial BT	50%	56,6%	55,4%	55,2%	56,8%

Comentário EPE: A EPE entende que na ausência de dados obtidos através de medição, é aceitável utilizar valores obtidos a partir de estimativas, como a sugerida pela CPFL.

2.11 Há sugestões adicionais relacionadas à metodologia?

As sugestões adicionais podem ser resumidas em alguns tópicos adicionais.

2.11.1 Cálculo da geração de energia

O Grupo CPFL sugere, em relação à fonte fotovoltaica, estimar a geração das usinas existentes utilizando um fator de capacidade municipal, enquanto para as usinas projetadas seja utilizado o fator de capacidade por distribuidora.

Comentário EPE: A EPE já utiliza o fator de capacidade municipal em alguns de seus produtos, como o Balanço Energético Nacional (BEN). No 4MD, tanto o histórico quanto a projeção utilizam o fator de capacidade por distribuidora. É possível importar a estimativa do BEN para substituir o histórico calculado pelo 4MD. No entanto, é preciso checar possíveis degraus entre histórico e projeção ao utilizar metodologias diferentes.

Em relação às demais fontes, o Grupo CPFL sugere utilizar fatores de capacidade publicados pela ANEEL na NT 162/2022-SRM/ANEEL, de 22 de novembro de 2022 (ANEEL, 2022). Essa nota indica os seguintes fatores de capacidade: “para a fonte Hídrica, o FC será de 50%; para a fonte eólica, o FC será de 30%; para a Térmica, o FC será de 70%.”

Comentário EPE: A EPE utiliza fatores de capacidade mensais e por subsistema para a estimativa da geração. Portanto, a referência apresentada não pode ser utilizada.

2.11.2 Degradação da produtividade

O Grupo CPFL acredita que aplicar a mesma capacidade instalada durante todo o horizonte de projeção seja equivocado, por isso, aplicam um fator de degradação de 0,5% ao ano aos equipamentos de geração fotovoltaica.

Comentário EPE: O fator de degradação de 0,5% a.a. já é utilizado pelo 4MD.

2.11.3 Modelos alternativos

O Grupo ENEL sugeriu a inclusão de uma variável regulatória na etapa de cálculo das curvas de difusão, inovação e imitação. Para o valor dessa variável pode-se utilizar o benchmarking internacional, sobre quanto o mercado de eletricidade respondeu em novas conexões às mudanças regulatórias, em um determinado país e em determinado período. O mesmo exercício pode ser feito para o caso brasileiro, identificando como o mercado de MMGD reagiu a partir de cada anúncio de mudanças regulatórias no sistema de net-metering.

Comentário EPE: Tais comparações podem indicar trajetórias possíveis, mas a EPE entende ser difícil incorporar no 4MD o efeito de uma mudança regulatória passada pois o resultado é fruto de características distintas, como o grau do impacto gerado, o tempo de transição ou os gatilhos aplicados, o estágio do desenvolvimento do mercado, etc.

O Grupo CPFL entende que os meses restantes até completar o ano corrente não deveriam ser projetados segundo a metodologia para longo prazo, pois no curto prazo é necessário captar a tendência das instalações nos últimos meses com mais precisão. Assim, a CPFL aplica um modelo de incremento linear e um modelo de incremento exponencial.

Comentário EPE: O 4MD já possui uma funcionalidade que permite projetar o ano corrente a partir da extrapolação dos dados realizados até o momento. No pacote *epe4md*, isso é feito alterando os parâmetros *ajuste_ano_corrente*, *ultimo_mes_ajuste* e *metodo_ajuste* da função *epe4md_calcula*.

Adicionalmente, o Grupo CPFL sugere utilizar informações relacionadas aos pedidos de conexão de MMGD protocolados junto às distribuidoras e incluí-las nos modelos de curto prazo, uma vez que traduzem o interesse do investidor em instalar MMGD, em especial devido ao novo marco legal.

Comentário: A EPE enxerga certa dificuldade em receber de forma periódica tais dados a partir das distribuidoras.

Por fim, o Grupo CPFL sugere o uso de um modelo complementar Pearl-Reed para comparar os resultados com o modelo de Bass e escolher o que apresenta o menor erro.

Comentário EPE: O uso de modelos alternativos é desejável e será objeto de estudo futuro.

2.11.4 Evolução do CAPEX

O Grupo CPFL alertou a EPE acerca da necessidade da elaboração de uma previsão mais assertiva dos preços dos painéis, pois essa premissa causa impactos significativos na projeção de GD. Dão exemplo de estudo de correlação do CAPEX do sistema instalado com o preço do silício.

Comentário EPE: Há uma dificuldade em utilizar a correlação informada para prever preços de sistemas fotovoltaicos em função da inexistência de projeções de preço de silício.

2.11.5 Governança

A EDP ressalta a importância de se estabelecer revisões e análises periódicas sobre a aderência do modelo, o que a EDP sugere que seja realizada a cada dois anos. Adicionalmente, acham importante que o tema seja discutido no âmbito da ANEEL, para que a utilização do modelo 4MD na projeção de carga utilizada nos modelos oficiais de formação de preço seja transparente, garantindo o estabelecimento de atos regulatórios e governança na parametrização do modelo, de forma a evitar alterações bruscas e repentinas na percepção de preços futuros pelo mercado.

Comentário EPE: Conforme o Regimento Interno do Comitê Técnico (CT) PMO/PLD (CCEE/ONS, 2022), pode-se enquadrar o 4MD como um “Modelo Satélite”. Isso porque ele produz dados de entrada para a execução da cadeia principal dos programas utilizados nas etapas do PMO (Programa Mensal da Operação) e cálculo do PLD (Preço de Liquidação das Diferenças). Nesse sentido, propostas de desenvolvimento, aprimoramento e/ou aperfeiçoamento dos Modelos Satélites são elaboradas nos Grupos de Trabalho do CT. Na sequência, as propostas passam pela Comissão Gestora e pela Comissão Deliberativa do CT. Por fim, havendo a aprovação, as alterações são enviadas para a avaliação da ANEEL.

O Grupo ENEL sugere que a atualização do modelo ocorra com uma frequência mensal, de forma que as projeções e dados realizados estejam sempre disponíveis, atualizados, de fácil extração e visualização para a consulta pelos agentes.

Comentário EPE: A EPE, em linha com os trabalhos do CT PMO/PLD, pretende, no momento, aplicar uma atualização quadrimestral, o que já é um avanço em relação às atualizações anuais praticadas anteriormente.

ENEL: Sugerem que sejam publicadas todas as premissas, as bases de dados utilizadas e os manuais orientativos sobre como operar o modelo 4MD, de forma que a metodologia possa ser, facilmente, replicada pelos agentes no mercado de energia elétrica.

Comentário EPE: A EPE passou a disponibilizar e a desenvolver o modelo 4MD no GitHub (<https://github.com/EPE-GOV-BR/epe4md>). Portanto, é possível acessar as bases de dados e códigos do modelo. Adicionalmente, na seguinte página foram disponibilizados tutoriais para operar o modelo: <https://epe-gov-br.github.io/epe4md/>

3 RESUMO DAS CONTRIBUIÇÕES

A tabela a seguir resume as contribuições que foram descritas anteriormente, com a avaliação da EPE se a contribuição foi aceita dada a sua razoabilidade teórica e prática. No caso das contribuições aceitas, também é adicionada uma coluna com uma perspectiva de prazo de execução com base na complexidade de cada tarefa.

Tabela 2 - Resumo das contribuições e previsão de prazo para execução

Questão	Agente	Resumo Contribuição	Aceita?	Prazo
1	CPFL	Análise do mercado potencial por faixa de consumo	Sim	Médio
1	CCR	Corte de 12% para o mercado nicho residencial	Não	
1	ENEL	Utilizar base de dados do SAMP para o mercado residencial	Não	
2	ENEL	Utilizar base de dados do SAMP para o mercado não residencial	Sim	Feito
2	CCR	Utilizar faturamento do segmento de atacados como proxy de fator comercial	Não	
2	CPFL	Receber, através do SIMPLES, a quantidade de clientes não residenciais por faixa de consumo	Não	
3	CPFL	Realizar estudos comparativos entre diferentes SPB	Sim	Curto
3	CPFL	Uso de metodologia de fluxo de caixa dinâmico	Sim	Feito
3	CCR	Realizar pesquisa sobre a expectativa dos consumidores em recuperar o investimento	Sim	Externo
5	EDP	Apresentar resultados do modelo utilizando dados dos anos anteriores	Sim	Curto
5	ENEL	Calibrar o mercado potencial a partir das informações divulgadas pelas distribuidoras	Sim	Feito
5	CCR	Determinação dos fatores por tipo de geração e segmento	Não	
6	ENEL	Calcular taxa de crescimento com base em múltiplas variáveis econômicas, sociais e demográficas	Sim	Longo
6	CPFL	Validar crescimento residencial com estudos de elasticidade com o crescimento populacional	Sim	Médio
6	CPFL e ENEL	Fazer estudo de migração para o Mercado Livre	Sim	Médio
6	ENEL	Sugere que a taxa de PIB utilizada é incompatível com o crescimento da adoção de MMGD	Não	
7	ENEL	Utilizar o histórico de adoção local/remoto como proxy para o FAL	Sim	Feito
7	CPFL	Não aplicar FAL à classe Rural	Sim	Curto/ Longo

Questão	Agente	Resumo Contribuição	Aceita?	Prazo
7	ENEL	Sugere utilizar a PNAD-C para calcular o FAL	Não	
7	CPFL	Incluir domicílios alugados como mercado potencial local	Não	
7	CCR	Calcular FAL com base em localização urbana/rural dos consumidores	Não	
8	CPFL	Fazer análise de séries temporais para prever potência média	Não	
8	ENEL	Imputar potência média com base em porte e características de distribuidoras semelhantes	Não	
8	CCR	Metodologia baseada no custo de instalação e IDH	Não	
9	ENEL	Realizar análise sobre potencial para inserção de outras fontes	Sim	Análise neste relatório
9	CPFL	Continuar utilizando método atual de abertura por fonte	Sim	Feito
9	ENEL	Ampliar lista de fontes de quatro para 14	Não	
10	CPFL	Sugere metodologia para cálculo de fatores de autoconsumo	Sim	Curto
11	CPFL	Utilizar fator de capacidade municipal no histórico	Sim	Curto
11	CPFL	Utilizar fator de degradação da produtividade fotovoltaica	Sim	Feito
11	CPFL	Utilizar metodologia de curto prazo para completar o ano corrente	Sim	Feito
11	EDP	Discutir alterações no 4MD no âmbito da ANEEL	Sim	Feito
11	ENEL	Publicar todas as premissas, bases de dados e manuais do 4MD	Sim	Feito
11	CPFL	Utilizar modelo complementar Pearl-Reed	Sim	Médio
11	CPFL	Utilizar fatores de capacidade indicados em NT da ANEEL	Não	
11	ENEL	Inclusão de variável que capte mudanças regulatórias	Não	
11	CPFL	Utilizar informações de pedidos de conexão junto às distribuidoras como input do 4MD	Não	
11	CPFL	Aprimorar previsão de CAPEX de sistemas FV com base em correlação com preço do silício	Não	
11	ENEL	Atualização mensal do 4MD	Não	

4 CONCLUSÕES

A EPE busca continuamente aperfeiçoar seus modelos e esta consulta pública procurou, de forma estruturada, pela primeira vez, discutir aprimoramentos no Modelo de Mercado de Micro e Minigeração Distribuída (4MD). A EPE identificou 39 contribuições feitas por quatro agentes, cobrindo diferentes aspectos do modelo. Em primeiro lugar, percebe-se que algumas sugestões já correspondiam à metodologia utilizada pela EPE, sugerindo que seja aprimorada a

comunicação sobre ela. Adicionalmente, outras contribuições de baixa complexidade já foram implementadas na versão 0.1.4 do pacote epe4md. No caso de aprimoramentos mais complexos, foi feita uma avaliação indicativa de prazos de execução, como uma espécie de *roadmap* de desenvolvimento.

Ressalta-se que a implementação efetiva de cada sugestão dependerá (a) da compatibilização das atividades com o plano de trabalho das equipes da EPE e (b) da aprovação das comissões do Comitê Técnico (CT) PMO/PLD e, ultimamente, da ANEEL, no caso do uso nos modelos de planejamento e formação de preço do setor elétrico brasileiro.

Cabe mencionar que o desenvolvimento do modelo passou a ser feito publicamente através de um repositório no GitHub³, o que permite que os agentes possam ajudar a acelerar o desenvolvimento através de contribuições diretas ao código do pacote. Adicionalmente, a EPE está aberta a receber mais detalhes sobre as contribuições sugeridas, de forma a auxiliar na execução das melhorias propostas. Nesse sentido, o e-mail contato.4md@epe.gov.br continua disponível para o recebimento de contribuições adicionais.

5 REFERÊNCIAS

ANEEL. NOTA TÉCNICA 162/2022-SRM/ANEEL. 22 de Novembro de 2022.

BEST, R. Household wealth of tenants promotes their solar panel access, **Economic Modelling**, Elsevier, vol. 106, 2022.

CCEE/ONS. Comitê Técnico PMO/PLD. Regimento Interno. Revisão 2. Agosto de 2022.

EPE. Modelo de Mercado da Micro e Minigeração Distribuída (4MD): Metodologia – Versão PDE 2032. Nota Técnica EPE DEA-SEE 014/2022. Outubro de 2022.

EPE. Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída. Disponível em : <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/pdgd/> Acesso em 04/04/2023.

MME/EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2031. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2022.

REAMES, T. G. Exploring residential rooftop solar potential in the united states by race and ethnicity. **Frontiers in Sustainable Cities**, p. 48, 2021.

³ <https://github.com/EPE-GOV-BR/epe4md>