

OS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS NO CONTEXTO DA MODERNIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO¹

Rogério Diogne de Souza e Silva²

SINOPSE

O setor de distribuição de energia elétrica evoluiu rapidamente nas últimas décadas, apresentando avanços tecnológicos significativos, destacando-se a digitalização, a transição energética para modelos com redução de emissões, e os recursos energéticos distribuídos, em consequência, novas demandas regulatórias e alteração dos modelos de negócio vigentes no Brasil são necessários. Neste contexto, apresenta-se a caracterização dos diversos recursos energéticos distribuídos, perspectivas e demandas para aplicação no setor elétrico brasileiro.

Palavras-chave: distribuição de energia elétrica; recursos energéticos distribuídos; setor elétrico.

1 INTRODUÇÃO

O setor de distribuição de energia elétrica está em plena evolução. A indústria da eletricidade evolui a um ritmo que lembra as transformações ocorridas no início do século XX. Esta evolução é impulsionada por vários fatores, principalmente pelo surgimento da geração distribuída, para atender às demandas da sociedade quanto à utilização de energias renováveis, à redução das emissões dos gases de efeito estufa (GEEs) e à eficiência energética, bem como à introdução de uma infinidade de novas tecnologias e soluções de controle, automação e eletrônica de potência. No cenário futuro, o protagonismo dos consumidores será ampliado por dispositivos de automação e controle, tal como edificações inteligentes integrarão o sistema de distribuição de forma ativa. Os recursos energéticos distribuídos, assim como a digitalização do sistema de distribuição de energia elétrica são totalmente correlacionados à transição energética para um setor elétrico com baixas emissões. Deloitte e Enel Brasil (2022) inferem que, em um cenário com emissões próximas a zero (*net zero*), no setor elétrico brasileiro até 2050, haverá a geração de 8 milhões de empregos relacionados ao mercado de transição energética, resultando no aumento do produto interno bruto (PIB) em 3%.

2 TRANSFORMAÇÕES NOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS

Apresenta-se a seguir o contexto atual e as transformações esperadas para as próximas décadas no setor elétrico brasileiro a partir da incorporação de novas tecnologias para os diversos recursos energéticos distribuídos, como geração distribuída, armazenamento de eletricidade em baterias, eficiência energética, resposta da demanda e veículos elétricos. A reconfiguração desses recursos oferece novos desafios e novas oportunidades para a economia brasileira, num contexto de rápida migração para um modelo de baixo carbono e mais eficiência no uso de recursos energéticos.

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar71art2>

2. Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa); e pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). E-mail: <rogeriodss@ieee.org>.

2.1 Geração distribuída

O Brasil possui uma faixa de irradiação normal direta de 3,01 kWh/m² a 6,22 kWh/m² por dia. O maior potencial está localizado na bacia do rio São Francisco e nas áreas de Sobradinho, no Nordeste, além do norte de Minas Gerais e parte da região Centro-Oeste. A geração distribuída cresceu rapidamente nos últimos anos no Brasil. Atualmente, existe 1,29 milhão de unidades consumidoras gerando eletricidade, resultando em 13,7 GW de potência instalada de geração. A maioria das usinas instaladas são fotovoltaicas, ressaltando-se o aumento rápido e expressivo da geração distribuída no Brasil, houve um crescimento de aproximadamente 700% da capacidade instalada no período 2019-2022.³ Observa-se que a atual potência instalada ultrapassou a previsão do Plano Decenal de Expansão de Energia 2029, de que a geração distribuída alcançaria 11,4 GW de capacidade instalada em 2029 (Brasil e EPE, 2020).

O cenário internacional aliado a condições internas favoráveis e a regulação permitindo a mini e a microgeração de energia distribuída pelas unidades consumidoras podem explicar tal fenômeno. A Resolução Normativa (RN) nº 482/2012 é a primeira a tratar o assunto, revisada posteriormente pela RNs nºs 687/2015 e 786/2017. Este aumento provocou a necessidade de rever as resoluções normativas, como referência principal a RN nº 482/2012, diante do risco da viabilidade dos sistemas de distribuição de energia elétrica com alta injeção de geração distribuída. O risco advém dos custos fixos e das variáveis embutidos na tarifa de energia elétrica, a unidade consumidora com mini ou microgeração, ao reduzir sua fatura, deixa de contribuir com as duas parcelas, embora não reduza os dois custos, pois continua utilizando a infraestrutura do sistema de distribuição. Dessa forma, os custos fixos são repassados aos demais consumidores. A Lei nº 14.300/2022, fruto da revisão das resoluções normativas citadas, surge como um marco legal para o setor de mini e microgeração de energia distribuída no Brasil.

2.2 Armazenamento de eletricidade em baterias

Os sistemas de armazenamento em bateria (*battery energy storage systems* – BESS) vêm sendo implantados nos diversos sistemas do setor elétrico, utilizados desde unidades consumidoras residenciais até o sistema interligado nacional. Como recurso energético distribuído, para consolidação do armazenamento em baterias atrás do medidor, deve ocorrer a definição de padrões técnicos e operacionais, estabelecimento de estruturas de avaliação e remuneração claras, permitir que os operadores do sistema de distribuição obtenham serviços de flexibilidade baseados no mercado de recursos de energia distribuída, bem como autorizar a participação de agregadores de recursos energéticos distribuídos no mercado livre de eletricidade.

Segundo Irena (2019), pelo lado da unidade consumidora, a potência instalada dos sistemas varia entre 0,01 MW e 1 MW, e as tecnologias mais propícias são lítio, chumbo e chumbo avançado. Para sistemas menores, como projetos residenciais com 0,01 MW de armazenamento e 0,02 MW de solar fotovoltaica, as baterias de lítio apresentam o menor custo variando entre 476 US\$/MWh e 735 US\$/MWh. Aplicações em instalações comerciais e industriais, em geral, não ocorre uso associado de geração de energia, o que eleva o custo do sistema de armazenamento. Considerando sistemas de 1 MW, o custo de baterias de lítio varia entre US\$ 829/MWh e US\$ 1.152/MWh.

Um estudo realizado por Greener e NewCharge (2021) avaliou a atratividade de projetos de armazenamento utilizando baterias atrás do medidor no Brasil. Para aplicações de redução do consumo no horário de ponta, a atratividade foi quantificada pela diferença entre as tarifas do horário de ponta e fora de ponta. Utilizado este critério, projetos no estado do Pará são mais atrativos, com unidades consumidoras atendidas pela concessionária Equatorial Energia Pará, seguidos pela Equatorial Energia Maranhão e Companhia de Eletricidade da Bahia (Coelba). Quanto à utilização de baterias para redução de demanda contratada, os estados com mais valor de demanda são Tocantins, Pará e Maranhão.

3. Disponível em: <<https://bit.ly/3fJ1iQv>>. Acesso em: 3 out. 2022.

2.3 Eficiência energética e resposta da demanda

A eficiência energética constitui um recurso com grande potencial e baixo custo, que pode reduzir em torno de 20% o uso final de energia, com custos substancialmente menores que a implantação de novas fontes de geração, além de ser um excelente mecanismo de redução de emissões de carbono. No entanto, um desafio fundamental para a eficiência energética no setor de distribuição reside no fato de que o modelo tradicional de negócios do fornecedor de energia é baseado na recuperação de investimentos por meio da comercialização de unidades de energia. Esse modelo incentiva a venda de mais energia e obscurece a oportunidade de negócio que existe na implementação de medidas de eficiência energética. É necessária uma mudança de paradigma para incentivar os atores do mercado de energia a avaliarem a eficiência energética como recurso econômico e não como uma barreira ou desincentivo aos investidores.

Segundo IEA (2014), os países que adotam políticas com obrigações de eficiência energética tornaram-se propícios para melhor aproveitar toda a gama de benefícios da eficiência energética para todas as partes envolvidas no mercado de distribuição de eletricidade. Uma avaliação da diretiva da União Europeia (UE) – 2012/27/UE – estimou que o PIB poderia aumentar em 0,25% se as medidas de eficiência energética reduzirem em 15,4% a demanda de energia primária até 2020. Um estudo dos mercados da eletricidade na Alemanha demonstra que uma redução de 10% a 35% no consumo de eletricidade em 2035 diminuirá os custos de geração de eletricidade de US\$ 13,7 bilhões a US\$ 27,3 bilhões, respectivamente (Wünsch, 2014).

O Brasil possui dois grandes programas de incentivo à utilização eficiente de energia elétrica, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e o Programa de Eficiência Energética (PEE), executados pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica e regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), além de um histórico de políticas públicas envolvendo eficiência energética e conservação de energia (Brasil, 2008).

Ainda no contexto dos recursos energéticos distribuídos, tem-se a resposta da demanda, consistindo no gerenciamento e controle do consumo ou na demanda dos consumidores em função de necessidades sistêmicas. Nesse caso, a estrutura tarifária deve ser projetada de tal forma que envie sinais de preços apropriados, tais como tarifas dinâmicas e tarifas por tempo de utilização para prover adequada sinalização de preços aos consumidores finais de energia elétrica, permitindo que esses possam responder a variações no custo da energia.

Um exemplo de tarifa horária que estimula a resposta da demanda no Brasil é a tarifa branca, opção tarifária para as unidades consumidoras atendidas em baixa tensão (127V, 220V, 380V ou 440V), o denominado grupo B. A tarifa consiste em três postos horários, ponta com a tarifa mais elevada; intermediário com tarifa de valor intermediário; e fora ponta com tarifa de valor menor, mais baixo que a tarifa convencional. Como exemplo, uma unidade consumidora do grupo B, que opera no horário fora ponta atendida pela Equatorial Pará, pode alcançar uma economia de até 22,41%.

2.4 Veículos elétricos

No contexto das mudanças em curso no setor elétrico, a eletromobilidade tem-se destacado. Estudos inferem que na categoria de veículos leves no Brasil, considerando um cenário de referência com transição energética longa, em 2050, os veículos híbridos serão protagonistas, representando 61% dos licenciamentos, seguidos dos veículos à combustão interna, com 28% e 11% de veículos elétricos. Mesmo em um cenário mais otimista de transição energética curta, com mais eletromobilidade, os veículos híbridos em 2050 ocupariam 85%, enquanto os veículos elétricos, 15% (Brasil e EPE, 2018).

A inserção de veículos elétricos no cenário global foi modelada por Kapustin e Grushevenko (2020), e o horizonte simulado foi o de 2040. Os dados obtidos indicam um aumento na frota de veículos elétricos de passeio da ordem de 12% para um cenário de referência; e de 28% para um cenário favorável. Tal mudança refletirá no

consumo energético, resultando na participação de 82% de derivados do petróleo e 11% de eletricidade no cenário de referência; e de 59% de consumo de derivados de petróleo e 32% de eletricidade no cenário favorável. Com isso, os autores preveem um aumento global no consumo de eletricidade de 7% a 10% nos cenários de referência e favorável, respectivamente. Deve-se ressaltar que, nos países com mais apoio estatal aos veículos elétricos, o impacto será maior, como Estados Unidos, China, Japão e UE, e, em alguns casos, a demanda de energia elétrica apenas para veículos elétricos de passeio atingirá um terço do uso final de eletricidade do país. Segundo Deloitte e Enel Brasil (2022), a mobilidade elétrica é atualmente mais competitiva no transporte público e vem gerando economias significativas no transporte privado. No entanto, a partir de 2025, os carros elétricos passam a ser uma opção mais barata do que os carros tradicionais movidos a combustível fóssil.

Um exemplo de tecnologia que deve movimentar um mercado promissor são as estratégias de carga e descarga de baterias de veículos elétricos conhecidas como rede para veículo (*grid to vehicle* – G2V) e veículo para rede (*vehicle to grid* – V2G). Consistem em sistemas de carga, G2V; e descarga, V2G, de baterias, bem como o controle de quando fazê-los, tornando o veículo elétrico um elemento ativo nos sistemas de energia elétrica. Em um cenário com horizonte 2030 para o estado da Califórnia, Estados Unidos, projeta-se que a inserção de 3,3 milhões de veículos elétricos pode mitigar a geração excessiva em aproximadamente 4 TWh, potencialmente economizando para o estado cerca de US\$ 20 bilhões em custos de investimento de capital em tecnologias de armazenamento com baterias em escala de rede (Triel e Lipman, 2020).

No Brasil, segundo a RN nº 819/2018, os consumidores podem instalar estações de recarga em suas unidades consumidoras. Também “é permitida a exploração comercial por terceiros (não proprietários de veículos elétricos). Em relação à cobrança pela atividade de recarga quando realizada por demais interessados, o art. 9º da mesma resolução estabelece que “é permitida a recarga de veículos elétricos de propriedade distinta do titular da unidade consumidora, inclusive para fins de exploração comercial a preços livremente negociados” (Aneel, 2018).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que o rápido avanço tecnológico, o aumento da produção e a redução de custo de aquisição dos diversos recursos energéticos distribuídos, que podem ser utilizados atrás do medidor, ou seja, no interior das unidades consumidoras, estão avançando antes de definições e regulamentos específicos. O acesso destes recursos ao sistema de distribuição de eletricidade no Brasil deve ocorrer em breve, a exemplo do que já ocorre em outros países. No Brasil, haverá um grande mercado de prestadores de serviço para atender esse setor, vendendo energia como serviço, em um cenário competitivo, com oportunidades de redução de custo ao usuário final. Há uma grande atratividade de mercado e devem ser priorizados os projetos por elevada taxa interna de retorno, além de ações que gerem impacto de políticas ambientais e *environmental, social and corporate governance* (ESG). Neste cenário provável, um novo mercado de energia elétrica surgirá no Brasil, com novas tecnologias e novos modelos negócios.

REFERÊNCIAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 819, de 19 de junho de 2018. Estabelece os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de veículos elétricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 128, p. 70, 5 jul. 2018. Seção 1.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano nacional de eficiência energética**: premissas e diretrizes básicas. Brasília: SPE, 2008.

BRASIL; EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Potencial dos recursos energéticos no horizonte 2050**. Brasília: MME; Rio de Janeiro: EPE, set. 2018. (Série Recursos Energéticos, Nota Técnica PR, n. 4/18).

_____. **Plano decenal de expansão de energia 2029**. Brasília: MME; Rio de Janeiro: EPE, 2020.

- DELOITTE; ENEL BRASIL. Caminhos para a transição energética no Brasil. *In*: WORKSHOP RESULTADOS, 3., 26 set. 2022, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Deloitte; Enel Brasil, 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3CCQmNq>>.
- GREENER; NEWCHARGE. **Mercado de armazenamento**: aplicações, tecnologias e análises financeiras. Greener, 2021.
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Capturing the multiple benefits of energy efficiency**. Paris: IEA, 2014.
- IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Innovation landscape brief: behind-the-meter batteries**. Abu Dhabi: Irena, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/34MUIZC>>.
- KAPUSTIN, N. O.; GRUSHEVENKO, D. A. Long-term electric vehicles outlook and their potential impact on electric grid. **Energy Policy**, v. 137, Feb. 2020.
- TRIEL, F. van; LIPMAN, T. E. Modeling the future California electricity grid and renewable energy integration with electric vehicles. **Energies**, v. 13, 12 Oct. 2020.
- WÜNSCH, M. (Coord.). **Benefits of energy efficiency on the German power sector**: final report of a study conducted by Prognos AG and IAEW. Berlin: Agora Energiewende, Apr. 2014.

