

O Mercado de Armazenamento de Energia ⁽¹⁾

Lucca Zamboni ⁽²⁾
Guilherme Goldbach ⁽³⁾

Introdução

Nos últimos anos, o mercado de armazenamento de energia (AE) tem experimentado um crescimento significativo em todo o mundo, impulsionado pela transição energética e pela descarbonização. Com o aumento da produção de energia renovável intermitente, o AE tornou-se fundamental para garantir a estabilidade do sistema elétrico, fornecendo energia limpa e reduzindo a dependência de combustíveis fósseis. Deste modo, agentes do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), consumidores e empreendedores estão entre os principais interessados em investir em soluções de AE, uma vez que podem se beneficiar de possíveis reduções de custos.

Existem oportunidades relevantes para empreendedores no mercado de AE, o qual está aberto a uma ampla gama de tecnologias de armazenamento, incluindo baterias, usinas hidrelétricas reversíveis, hidrogênio, entre outras. Por outro lado, também são vislumbradas oportunidades para integradores de sistemas, empresas de gerenciamento de energia e prestadores de serviços de AE.

A indústria nacional e internacional desempenha um papel fundamental nas tendências de mercado de AE. A evolução tecnológica e a capacidade produtiva são fatores que podem afetar diretamente a oferta e a demanda de sistemas de AE, bem como os custos associados. Além disso, nota-se que a competição global neste mercado pode incentivar a inovação e a redução de preços.

Por sua vez, mecanismos de incentivo, como subsídios, leilões, incentivos fiscais, desonerações tributárias e tarifas incentivadas, podem ajudar a atrair investimentos para o setor. Ademais, regulamentações favoráveis e aprimoradas podem contribuir para a expansão do mercado de AE.

Destaca-se que o financiamento é um fator crítico. Geralmente, os projetos de AE exigem altos investimentos de capital e o acesso ao financiamento pode ser limitado. Deste modo, mecanismos de financiamento adequados podem ajudar a acelerar o desenvolvimento do mercado.

Embora o mercado de AE apresente oportunidades significativas, existem obstáculos e riscos a serem enfrentados. Um dos principais obstáculos é o custo inicial do investimento, que pode ser alto para tecnologias de AE avançadas. Além disso, as incertezas regulatórias, assim como a ausência de padrões e de escala de produção, podem tornar o mercado menos atraente para os investidores. Outros riscos incluem a falta de demanda e a volatilidade dos preços no mercado de energia.

I. Aplicações de Sistemas de Armazenamento de Energia

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) divide as aplicações de sistemas de AE em baterias em “atrás do medidor” e “em frente ao medidor” (EPE, 2019). As aplicações “em frente ao medidor” são aquelas implementadas pelo operador do sistema elétrico, pelas distribuidoras ou pelas transmissoras nas redes de distribuição ou nos sistemas de transmissão. Por outro lado, as aplicações “atrás do medidor” são implementadas pelos consumidores em suas instalações elétricas.

Já as aplicações off-grid, ou seja, aquelas instaladas em instalações elétricas sem conexão com a rede, são utilizadas há muitos anos no Brasil em pequenos sistemas isolados e podem ser impulsionadas por programas governamentais (GREENER e NEWCHARGE, 2021).

Dentre suas aplicações, as baterias podem ser utilizadas para reduzir a demanda nos horários de pico, atender a cargas emergenciais e suavizar flutuações de tensão e frequência na rede, por meio da prestação de

serviços ancilares. Além disso, as baterias podem ser integradas com fontes renováveis, de modo a aumentar a disponibilidade de energia no sistema. Outras aplicações incluem a arbitragem de energia, o suporte à rede elétrica e a sistemas isolados, bem como o uso de baterias para carregar veículos elétricos.

A figura a seguir classifica as principais aplicações de AE em aplicações de potência, energia e seus tempos de descarga.

Figura 1 - Aplicações de armazenamento de energia e seus tempos de descarga



Fonte: Adaptado de Mutarraf *et al.* (2018).

II. Mercado Internacional

Em um contexto mundial de transição energética e crescente participação das fontes renováveis, os sistemas de AE têm ganhado destaque como forma de equilibrar a geração e o consumo, com benefícios relacionados à qualidade e confiabilidade dos sistemas elétricos. Essa conjuntura fez aumentar o interesse de diversos países pelas tecnologias de AE, notadamente as usinas hidrelétricas reversíveis e os sistemas de armazenamento em baterias, consideradas mais eficientes para o uso em escala sistêmica (EPE, 2021).

A nível global, a difusão dos sistemas de armazenamento em baterias se acelerou nos últimos anos e foi possível observar um crescimento exponencial ao longo de 10 anos, atingindo 1,6 GW em 2016. Em termos de estimativa, a projeção da potência instalada de baterias chega a 1.100 GW em 2040 (EPE e BNEF, 2019).

Assim, a expectativa é de que o mercado global de AE também cresça até 2040, com investimentos da ordem de U\$ 660 bilhões (EPE, 2019). Neste sentido, a EPE considera que tal crescimento será possível mediante quedas significativas nos preços das baterias de íon de lítio e pela redução de 85% verificada entre 2010 e 2018.

Entretanto, a invasão da Ucrânia pela Rússia teve um impacto profundo nas implantações de AE na Europa. Os altos preços da energia estão forçando os consumidores a considerar novas formas de fornecimento, impulsionando o mercado de armazenamento residencial no curto prazo. Além disso, as adições significativas de armazenamento em escala de serviços públicos esperadas a partir de 2025 se alinham às ambiciosas metas renováveis do plano REPowerEU e ao foco renovado na segurança e independência energética no Reino Unido. As estimativas da BNEF preveem mais do que o dobro de implantações de AE de 2025 a 2030 em toda a Europa em relação às previsões anteriores, o que demonstra uma aceleração no mercado.

Observa-se que, embora a expansão da capacidade global de AE seja iminente, as restrições da cadeia de suprimentos podem retardar as adições (BNEF, 2022). Depois de mais de uma década de declínios, os preços médios por volume para baterias de íon-lítio em todos os setores chegaram a US\$ 151/kWh em 2022, um aumento de 7% em relação ao ano anterior em termos reais.

A previsão da BNEF sugere que a maior parte do AE instalado até 2030, equivalente a 61% dos MW, será

destinado a fornecer o deslocamento de energia, isto é, adiantar ou atrasar o tempo de despacho de eletricidade. Ademais, projetos colocalizados de energias renováveis e AE (em particular, energia solar e armazenamento) estão se tornando comuns em todo o mundo.

Estima-se que as baterias instaladas “atrás do medidor”, tanto por consumidores residenciais quanto comerciais e industriais, também devem crescer em um ritmo constante. Neste sentido, a BNEF prevê que o AE localizado em residências e empresas representará cerca de um quarto das instalações globais de armazenamento até 2030. Observa-se que Alemanha e Austrália são atualmente os líderes neste segmento, com mercados consideráveis no Japão e na Califórnia.

III. Desafios Futuros dos Mercados de Energia

A análise do Review of Electricity Market Arrangements (REMA, 2022) identifica cinco desafios-chave para o futuro mercado de energia elétrica, sendo eles:

1. Aumentar o ritmo e a abrangência do investimento em capacidade de geração renovável e ativos de flexibilidade de baixo carbono (por exemplo, Battery Energy Storage System – BESS);
2. Aumentar a flexibilidade do sistema ;
3. Fornecer sinais locais eficientes para minimizar o custo do sistema;
4. Gerenciar a volatilidade de preços; e
5. Manter a operabilidade do sistema.

Observa-se que os requisitos de operacionalidade do mercado de energia elétrica são cumpridos através da prestação de serviços que incluem (i) resposta de frequência, (ii) reserva de capacidade, (iii) estabilidade, (iv) potência reativa e (v) restauração. Estes serviços são fornecidos, em sua maioria, por geradores térmicos movidos a combustíveis fósseis e, à medida que o sistema é descarbonizado, precisarão ser fornecidos por ativos de baixo carbono. Assim, as baterias de íon-lítio, por exemplo, já fornecem resposta de frequência, enquanto armazenamento de longa duração, CCUS de energia, geração a hidrogênio e BECCS de energia serão capazes de fornecer uma variedade de serviços complementares. Destaca-se que os pequenos reatores modulares de energia nuclear serão um importante fornecedor de inércia ao sistema.

Considerando os desafios apresentados acima, as principais abordagens consideradas para endereçá-los são:

- a) Dividir o mercado de energia em mercados para energia variável e energia firme;
- b) Introduzir preços locais, seja zonal ou nodal;
- c) Introduzir leilões de flexibilidade no mercado de capacidade;
- d) Reorientar o mercado de energia em direção à rede de distribuição, com a segmentação em mercados locais; e
- e) Manter os fundamentos do status quo, com reformas incrementais.

As opções apresentadas permanecem em um nível elevado, com a necessidade de se coletar mais evidências e realizar análises detalhadas sobre cada uma delas. Destaca-se que as opções podem ser empregadas mutuamente, uma vez que resolvem questões diferentes.

IV. Mercado Nacional

A Associação Brasileira de Armazenamento e Qualidade de Energia (ABAQUE) elenca os principais fatores que podem impulsionar o mercado de AE no Brasil (ABAQUE, 2017). Dentre os fatores, destacam-se o crescimento acelerado das gerações fotovoltaica e eólica, um grande mercado doméstico de energia, políticas de universalização de energia elétrica, demandas do Sistema Interligado Nacional (SIN) por serviços ancilares, o aumento no uso de veículos elétricos e o posicionamento geográfico do país, já que a América do Sul possui mais de 60% das reservas de lítio do mundo, principal matéria prima das baterias.

Além dos fatores apresentados, o desenvolvimento de novas tecnologias com menor custo e maior confiabilidade pode alavancar o mercado de AE no Brasil, que ainda é pequeno. A importância dos serviços

ancilares e a revisão da regulação brasileira para a inclusão de formas de remuneração pelo AE são fatores que possivelmente relevantes para a expansão do mercado de sistemas de AE no país (ABAQUE, 2017).

Destaca-se que o mercado de AE no Brasil apresenta diversas oportunidades, tendo em vista suas aplicações anteriormente descritas. Segundo os Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032 (EPE, 2022), considera-se o valor de R\$ 4.000/kWh como referência para que sistemas comerciais de AE de grande porte sejam economicamente atrativos no país. No entanto, esse valor pode variar de acordo com o fornecedor, a escala e a configuração do empreendimento. Estima-se, ainda, que o preço final das baterias é atualmente 74% mais elevado em função da incidência de tributos.

A Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR), em um estudo sobre a inserção de recursos de armazenamento no SIN (ABSOLAR, 2021), traz um comparativo sobre a incidência da carga tributária em sistemas nacionais ou importados de armazenamento em bateria (65-79%) e em turbinas a gás de potência superior a 5.000 kW que se enquadrem no regime especial de incentivos para o desenvolvimento de infraestrutura (31%). Segundo o estudo, a carga tributária incidente sobre os sistemas de armazenamento em baterias é bastante elevada e representa um significativo obstáculo ao desenvolvimento do mercado de AE.

Assim, considerando a incipiência atual do mercado, entende-se ser possível pleitear reduções das alíquotas de tributos incidentes sobre os principais componentes de sistemas de AE, especialmente os acumuladores, os conversores e suas partes (ABSOLAR, 2021).

V. Barreiras Regulatórias

O Brasil ainda não apresenta uma base regulatória consolidada em relação ao mercado de AE, o que muitas vezes inviabiliza novos investimentos nessas tecnologias. De acordo com a PSR (2020), no que diz respeito ao mercado de serviços ancilares, as principais barreiras são a ausência de um mercado competitivo e da definição dos produtos, assim como a agregação de vários serviços em um único produto.

Para acelerar e viabilizar grandes projetos, principalmente na “frente do medidor”, é crucial analisar a regulação em vigor, com especial atenção aos sistemas de AE. Apesar de não ser uma questão técnica, mas sim comercial, a falta de incentivos é um grande entrave para a adoção em larga escala dessas tecnologias. Ademais, é fundamental se encontrar formas de incentivar a utilização de fontes de energia renováveis e eficientes, assim como de tecnologias de AE, a fim de garantir a sustentabilidade e a segurança energética no longo prazo. Assim, será possível superar os desafios comerciais e tornar a adoção de sistemas de AE viável para grandes projetos na “frente do medidor”.

Outras barreiras identificadas (PSR, 2020) são (i) a granularidade temporal dos preços, (ii) o desenho tarifário ineficiente e que desestimula a instalação de baterias domésticas, (iii) o modelo regulatório referente à mistura das atividades de geração e comercialização em sistemas de AE utilizados para a rede de transmissão, e (iv) a visão de empilhamento de valores, que difunde a ideia de que baterias só são economicamente viáveis se tiverem diferentes aplicações. Nota-se que este entendimento desestimula a prestação de um único serviço ancilar.

VI. Conclusões

O mercado de AE no Brasil apresenta um grande potencial de desenvolvimento, porém ainda enfrenta desafios para o seu desenvolvimento e posterior consolidação. Para que esse mercado seja implementado, é necessária uma discussão ampla e colaborativa entre o marco institucional, notadamente Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética e Agência Nacional de Energia Elétrica, e os diversos agentes do SEB.

Neste sentido, observam-se alguns pontos fundamentais para o desenvolvimento do mercado de AE no Brasil, dentre os quais se destacam:

- a) Regulação clara e precisa dos serviços ancilares, essencial para garantir a segurança e a confiabilidade do sistema elétrico e trazer segurança jurídica e financeira ao mercado;
- b) Integração dos sistemas de AE com energias renováveis intermitentes, especialmente as fontes solar e eólica, em constante expansão;
- c) Leilões de reserva de capacidade, uma das principais ferramentas utilizadas pelo governo que pode estimular a instalação de novos sistemas de AE;

d) Carga tributária, que pode afetar a competitividade do mercado de AE no país e, por isso, a sua redução deve estimular investimentos nessas tecnologias; e

e) Bancos de fomento, que podem desempenhar um papel importante na promoção de projetos de AE, oferecendo linhas de financiamento com taxas exclusivas.

Ademais, observa-se que a regulação e as políticas públicas têm um impacto expressivo nas perspectivas de curto, médio e longo prazo do mercado brasileiro de armazenamento de energia. No curto prazo, as políticas governamentais podem afetar a demanda por soluções de AE, principalmente no segmento das energias renováveis. Essas políticas são relevantes no caso das soluções em que o mercado já esteja regulado, como, por exemplo, soluções “atrás do medidor” associadas à arbitragem nas tarifas branca, verde ou azul, ou mesmo na substituição de diesel e de outras formas de geração para reduzir o consumo no horário de ponta.

No médio prazo, políticas regulatórias que incentivem soluções de AE podem levar a uma maior competição e inovação no setor, tornando-as mais acessíveis e eficientes. Esses incentivos podem viabilizar o armazenamento associado à geração renovável e acelerar soluções “atrás do medidor”. Além disso, ajustes regulatórios podem viabilizar soluções de AE direcionadas à reserva de capacidade ou em sistemas isolados, principalmente, incentivando a substituição de combustíveis fósseis.

No longo prazo, políticas públicas que priorizem a transição para uma economia de baixo carbono podem ter um impacto profundo no mercado de AE, impulsionando a demanda por soluções mais avançadas e sustentáveis. Isso exigirá, contudo, inovações regulatórias mais complexas no mercado de energia, de modo a viabilizar serviços ancilares e sistemas de AE conectados ao sistema de transmissão.

Em suma, a regulação e as políticas públicas desempenham um papel crítico na promoção de um mercado de AE sustentável e competitivo no Brasil, ainda está em fase de desenvolvimento. No entanto, com a crescente demanda por energia renovável e a necessidade de equilibrar a oferta e demanda no país, espera-se que o mercado de AE cresça nos próximos anos, uma vez endereçados os desafios aqui apresentados.

- (1) Artigo publicado no CanalEnergia. Disponível em:
“<https://www.canalenergia.com.br/artigos/53244013/o-mercado-de-armazenamento-de-energia>”.
Acesso em 24 de abril de 2023.
- (2) Pesquisador do GESEL.
- (3) Pesquisador da MITISIDI.