

A crescente importância do armazenamento de energia¹

Sidnei Martini²

Nivalde de Castro³

As cadeias de produção de bens, serviços e consumo de energia elétrica são um indicador estratégico para o país, na medida em que expressam o seu grau de desenvolvimento econômico e social. Historicamente, a geração de energia elétrica se iniciou com pequenos aproveitamentos hidráulicos e unidades geradoras térmicas, próximos aos locais de consumo. Era comum naquela época, nos primórdios do Século XX, as cidades menores disporem da energia elétrica somente em alguns horários do dia, em um mix de demanda de pequenas manufaturas e iluminação pública, convergindo gradativamente para as residências.

Com o veloz crescimento industrial, da prestação de serviços e do contingente populacional, observou-se uma aceleração da demanda de energia elétrica, principalmente a partir da segunda metade do Século XX, exigindo a construção de novas unidades geradoras, com prioridade para as usinas hidrelétricas, e de linhas de transmissão com maior capacidade de conexão e escoamento de energia. Além disso, a qualidade da energia elétrica passou a ser um requisito importante. Não bastava mais dispor da energia, era necessário que ela fosse estável e não interrompida. Nesse contexto, se desenvolveu o Sistema Interligado Nacional, cuja operação é atualmente responsabilidade do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), criado em 1998, herdando da Eletrobras essa tarefa.

Assegurar o fornecimento de energia na quantidade demandada, ao menor custo e com a qualidade, a regularidade e a confiabilidade exigidas é uma tarefa complexa, que depende (i) da existência de equipamentos em boas condições de

¹ Artigo publicado no Valor Econômico. Disponível em: <https://valor.globo.com/opiniao/noticia/2025/08/11/a-crescente-importancia-do-armazenamento-de-energia.ghtml> Acesso em: 11.08.2025

² Professor da USP e pesquisador associado do GESEL-UFRJ.

³ Professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador geral do GESEL- Grupo de Estudos do Setor Elétrico.

uso, (ii) da sua correta manutenção, (iii) do conhecimento de como operá-los e, acima de tudo, (iv) da administração da entrega da energia elétrica onde, quando e na quantidade exigida pelos consumidores, cuidando para que não faltem os insumos necessários para a sua geração.

O *modus operandi*, até o início do Século XXI, era do fluxo da energia elétrica ocorrer de maneira unidirecional, ou seja, das unidades de geração para as unidades de consumo, fluindo por uma malha de linhas de transmissão, em alta tensão, e de redes de distribuição nas cidades, em baixa tensão.

A partir de 2000, as tecnologias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica passaram a ser impactadas por inovações tecnológicas disruptivas, associadas diretamente ao processo de transição energética, envolvendo questões como a valorização da sustentabilidade ambiental, que dificultaram a construção de usinas hidrelétricas com grandes reservatórios e restrições ao uso de combustíveis fósseis nas usinas térmicas, emissoras de gases de efeito estufa. Assim, abriu-se caminho para novas formas de geração de energia, com enorme destaque e crescente prioridade para as fontes eólica e solar, por serem renováveis, não emissoras de gases de efeito estufa e a custos decrescentes.

Essas novas formas de geração apresentam, contudo, a característica técnica de não serem despacháveis a qualquer momento, como as usinas térmicas e hidrelétrica, mas somente quando há disponibilidade de luz solar e de vento. Assim, a energia elétrica gerada pelas fontes solar e eólica somente é aproveitável quando há, por um lado vento e sol, e por outro, demanda para consumo imediato.

Ademais, com os avanços tecnológicos conquistados, pequenos geradores de energia solar passaram a ser disponíveis e viáveis para consumidores, que puderam gerar a própria energia através de painéis solares, em complemento à energia disponibilizada pelas redes de distribuição, com a possibilidade de injeção na rede do excedente gerado. A essa nova categoria de geradores deu-se o nome de micro e minigeração distribuída (MMGD).

Como resultado, a operação do sistema elétrico passou a conviver com um número crescente de pequenos geradores, conectados às redes de baixa tensão, sob a responsabilidade das distribuidoras, que, conseqüentemente, tiveram que realizar investimentos e operá-las de maneiras distintas às quais foram projetadas. Deste modo, ao atingirem situações limites de painéis solares, as redes se desligam por proteção para que não se danifiquem. Destaca-se que essas redes são conectadas aos sistemas de transmissão, que estão interligados conectando praticamente o país todo.

O resultado geral, sob o ponto de vista do sistema interligado, é que a administração das flutuações da demanda sistêmica de energia elétrica ficou

mais complexa e com incertezas que, ao fim e ao cabo, resultam em riscos para o equilíbrio do suprimento de energia. Por exemplo, diariamente, quando o sol se põe, a produção de energia solar desaparece em muito pouco tempo, mas a demanda real se mantém e deve ser suprida por outras fontes através da rede elétrica. Essa necessidade de acréscimo de oferta ocorre em intervalo de tempo muito curto, ao anoitecer, e a energia solicitada da rede deve ser suprida rapidamente por geradores de outras fontes.

Outro fator muito relevante foram os subsídios dados para as energias eólica e solar, na lógica de estimular uma indústria nascente. Como os subsídios não foram, de fato, eliminados, mesmo após o amadurecimento dessas indústrias, se verifica uma verdadeira “corrida ao ouro” que resulta em um descolamento entre a oferta, bem superior tanto centralizada quanto distribuída, e a demanda de energia elétrica.

O único controle possível para manter o equilíbrio entre demanda e oferta que o ONS dispõe para operar o sistema de alta tensão é desligar unidades geradoras, configurando o que se denomina por curtailment. Com o corte dessa geração, do ponto de vista técnico, uma ação correta, há uma redução do faturamento das geradoras, impondo desequilíbrio financeiro dos geradores, problema que tende a se agravar com o crescimento da oferta impulsionada pelos subsídios, sem qualquer relação com a demanda.

Para resolver a principal causa do curtailment, que é o excesso de oferta, a solução técnica e agora estrutural é a utilização de sistemas de armazenamento de dois tipos. O primeiro e mais rápido de ser instalado são os bancos de baterias instalados em pontos estratégicos da rede. Uma experiência piloto exitosa foi a instalação de baterias pelo grupo Isa Energia Brasil, na cidade de Registro, em São Paulo.

Dessa forma, o armazenamento de energia elétrica, que anteriormente era realizado somente com o represamento de água nos reservatórios para geração nas usinas hidrelétricas ou através do estoque de gás, diesel, biomassa ou outros combustíveis para usinas térmicas, sempre junto à geração, passa a ser demandado de maneira distribuída, conectado às redes elétricas de transmissão e distribuição. Por outro lado, destaca-se que os sistemas de baterias têm uma característica econômica que é a capacidade limitada de armazenamento por poucas horas.

O segundo tipo de armazenamento, considerado uma solução sistêmica, de maior porte, são as usinas hidrelétricas reversíveis, consideradas como a melhor solução. Essas usinas geram energia elétrica descarregando água para seu reservatório inferior, nos momentos de maior demanda, e se recarregam bombeando a mesma água para um reservatório superior, nos momentos de disponibilidade elétrica e de menor demanda, executando, assim, uma função de armazenamento de água reutilizável na geração elétrica.

A título de conclusão, a busca de armazenamento para solucionar um problema real e urgente de uso de energias renováveis, expresso de forma crescente e custosa através dos curtailments, expõe dois aspectos importantes.

O primeiro é que os estudos de cenários, desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Energética, são essenciais para orientar decisões de investimentos dos agentes econômicos do Setor Elétrico Brasileiro, inclusive induzindo projetos piloto, no âmbito do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Agência Nacional de Energia Elétrica, que permitem que as empresas do setor foquem nas oportunidades e nos problemas potenciais.

O segundo, e não menos importante, é a construção de um arcabouço regulatório que garanta segurança jurídica para os investimentos nas tecnológicas de armazenamento, que são os recursos capazes de garantir a convergência do equilíbrio dinâmico entre oferta e demanda de energia, absorvendo o excesso de energia elétrica em momento de alta oferta para consumo posterior. E, importante, mantendo o equilíbrio financeiro os investimentos já realizados.