

# Impactos das fontes renováveis no sistema elétrico brasileiro<sup>1</sup>

Nivalde de Castro <sup>2</sup>

Sidnei Martini <sup>3</sup>

A operação de um sistema da indústria de rede como transporte, telecomunicações ou elétrico é uma atividade que depende de ativos físicos e opera segundo regras preestabelecidas, com metas e compromissos vinculados a objetivos importantes e estratégicos para a economia e a sociedade como um todo. Essa definição de indústria de rede é sempre complementada com a incorporação de modificações para superar contingências e garantir a prestação necessária dos serviços com qualidade, regularidade, confiabilidade e ao menor custo.

Um consistente exemplo de indústria de rede é o Setor Elétrico Brasileiro (SEB) estruturado em três segmentos produtivos: (i) a geração de energia elétrica, nas suas várias modalidades - hidráulica, térmica, nuclear, eólica e fotovoltaica; (ii) a transmissão de energia elétrica em alta tensão, composta por mais de 170 mil quilômetros (km) de linhas, que cobrem grande parte do território nacional; e (iii) a distribuição de energia elétrica em média e baixa tensão, em mais de 5.500 municípios e a cerca de 90 milhões unidades de consumo (rural, industrial, comercial e residencial), que demandam energia para diversas finalidades.

Desde as primeiras instalações elétricas no Brasil, em 1889, até os dias de hoje, o sistema elétrico vem crescendo de forma contínua, cobrindo novas regiões, atendendo novos consumidores e suprindo este insumo ao País, que é cada vez mais importante e estratégico às sociedades modernas.

Em resumo, a operação do sistema elétrico nacional consiste em garantir que o fluxo de energia supra todos os consumidores ininterruptamente, mesmo com as variações de demanda individuais, através da coordenação da geração com a transmissão e a distribuição de energia.

---

<sup>1</sup> Artigo publicado em Broadcast Energia. Disponível em <https://energia.aebroadcast.com.br/tabs/news/747/44842264>. Acessado em 12.05.2023

<sup>2</sup> Professor no Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (Gesel).

<sup>3</sup> Professor titular sênior da Escola Politécnica da USP e professor associado do GESEL..

Esta é uma missão de alta complexidade exercida pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que realiza toda a operação do Sistema Interligado Nacional (SIN) neste país tropical e de dimensão continental.

A operação da geração depende da disponibilidade de capacidade de equipamentos e insumos. Já para a operação da transmissão e da distribuição, é preciso que as linhas e subestações sejam bem dimensionadas, de modo que o fluxo elétrico escoar até os consumidores. Assim, a operação do sistema elétrico requer que, tanto na geração como na transmissão e na distribuição, haja um constante monitoramento, em tempo real, para que as ampliações necessárias sejam realizadas ex ante do crescimento da demanda dos consumidores, pois, caso contrário, ocorrerá um desequilíbrio entre a oferta e a demanda não atendida, o que provocaria os problemáticos "apagões".

No que diz respeito à geração da energia elétrica e sem considerar a expansão do sistema, atender a demanda de consumidores conectados ao SIN significa coordenar a produção de energia elétrica em função das solicitações de consumo. Ou seja, a cada equipamento elétrico que é acionado ou lâmpada que se liga, uma solicitação de energia é demandada e é preciso que um incremento de geração seja providenciado, em tempo real e de maneira ininterrupta.

Por exemplo, se uma indústria liga um forno elétrico e a correspondente geração não ocorre imediatamente, a tensão de fornecimento diminui, caindo com ela a frequência elétrica, o que pode provocar uma interrupção na produção desta planta industrial. Analogamente, quando a demanda por energia elétrica se reduz, por exemplo no período da madrugada, deve-se acionar o desligamento de unidades geradoras, pois, caso contrário, a tensão elétrica subirá, assim como a frequência, submetendo-se os consumidores a uma anomalia de suprimento. Logo, grosso modo, operar a geração significa coordenar o liga e o desliga de unidades geradoras nos pontos mais convenientes e econômicos do SIN.

Essa tarefa da operação, como aqui descrita resumidamente, pressupõe que seja possível variar o volume de energia produzido, para mais e para menos, em função da demanda de consumo. No entanto, isso só é possível quando se dispõe de equipamentos que permitam variar a produção ou que possam ser ligados e desligados em razão da necessidade do consumo. Nem todos os equipamentos conseguem atender a essas necessidades de variação em tempo real e rapidamente.

Por exemplo, uma usina hidrelétrica alimentada por um rio, sem que haja reservatório de água à montante, ou seja, rio acima da barragem, só poderá gerar energia elétrica quando houver água suficiente. Por outro lado, se essa unidade tiver que reduzir a sua geração elétrica, haverá duas opções: (i) fechar as comportas que levam à unidade geradora, ou (ii) verter a água excedente, desperdiçando energia. Por isso, os reservatórios de água à montante das usinas hidrelétricas são importantes para que a variação de uso da água possa ocorrer de forma eficiente e sob o comando único do ONS.

Deste modo, os entraves à ampliação ou construção de novos reservatórios de água, por si só, representam uma limitação da capacidade de operação do sistema elétrico, uma vez que não é possível acumular o insumo gerador para as usinas hidrelétricas. Com isso, a gestão operacional do sistema elétrico é dificultada, principalmente em períodos em que a hidrologia não é favorável, como ocorreu no SEB nos anos de chuvas em 2001, 2013-2015 e 2021.

Contudo, parte dos geradores de energia elétrica são usinas térmicas, que funcionam com a queima de gás, óleo diesel, carvão, lenha, dentre outros insumos. O resultado da queima desses combustíveis produz gases, dentre eles o gás carbônico, que comprometem a qualidade do ar e danificam o meio ambiente. Após um longo período de discussão e consideração de vários interesses em escala global, finalmente está havendo um entendimento de que é necessário reduzir gradativamente os efeitos da queima desses combustíveis para combater o aquecimento global, cujas consequências se fazem presentes com mais frequência e intensidade. Este exemplo é um dos vetores do processo de transição energética.

Esse direcionamento que prioriza a sustentabilidade ambiental vem valorizando e estimulando o uso de fontes limpas de produção de energia, também chamadas de energias renováveis, que começaram a se expandir de forma exponencial em todo o mundo a partir do fim do século passado. Porém, a geração de energia elétrica através de torres eólicas e painéis fotovoltaicos está condicionada à disponibilidade do vento e da luz do sol, "combustíveis" genuinamente nacionais e sem custos variáveis, mas não controláveis, ou seja, que dependem de condições climáticas.

Com isso, para aproveitar ao máximo o seu potencial, toda a energia elétrica produzida através dessas fontes é injetada na rede, criando uma nova condição de variação, assim como a variação da demanda, só que agora de oferta. Isso vem causando uma rápida necessidade de ajustes na operação do sistema, de tal forma que, em alguns momentos, o ONS ordena o desligamento de geradores eólicos e fotovoltaicos, pois o sistema não consegue absorver toda a energia elétrica injetada na rede.

A solução a esta situação, que tende a aumentar com a expansão das fontes eólicas e solares, tem sido a utilização da capacidade de variação de geração das usinas hidrelétricas com reservatórios e das usinas térmicas controláveis. Ocorre que essas usinas também têm suas limitações técnicas, o que cria a necessidade de novos serviços para reduzir a geração e viabilizar o aproveitamento do vento e da luz solar. Esses novos serviços, denominados *lato senso*, de ancilares, ainda não tem uma regulamentação consolidada no SEB.

Conceitualmente, o máximo aproveitamento da geração elétrica de usinas renováveis requer soluções que ainda necessitam ser melhor estudadas. Dentre as soluções, destaca-se o armazenamento elétrico junto às usinas eólicas e solares, o que, contudo, encareceria o preço da energia gerada. Um "novo produto" vislumbrado é a oferta variável de energia elétrica de fontes renováveis para consumidores que possam receber a exata quantidade gerada, mediante uma contratação ponto a ponto, ou seja, bilateral. Outra solução são as usinas hidrelétricas reversíveis, que podem absorver essas variações operacionais de energia através

do bombeamento para montante e armazenamento de água para posterior geração em momento de crescimento da demanda.

Com o crescimento acelerado e esperado das fontes renováveis, seguramente serão necessárias medidas que permitam que a operação do sistema elétrico atenda aos requisitos deste novo cenário, imposto pelo processo de transição energética, que busca, em última instância, a descarbonização dos processos de produção de bens e serviços e a alteração nos padrões de consumo.

De todo modo, o modelo do setor elétrico deverá ser ajustado e, conseqüentemente, a regulação setorial aprimorada, com a finalidade, dentre outras, de acomodar as novas caracterizações do conceito de flexibilidade, que hoje basicamente considera a geração como inflexível ou flexível em razão do tipo de equipamentos ou processos.

No entanto, um fato é certo, daqui para o futuro a operação do sistema elétrico será cada vez mais complexa e desafiadora. Há, portanto, a necessidade imperiosa de se antecipar aos problemas que deverão ser enfrentados pelo ONS, com a sinalização das limitações naturais da operação e a promoção de regimentos que permitam o equilíbrio do sistema elétrico.