

FAZ SENTIDO JOGAR ELETRICIDADE FORA?

Armando Ribeiro de Araujo¹

Atualmente quem se interessa por geração de eletricidade encontra vários artigos sobre um assunto que julgariam estranho, exceto para pessoas com conhecimento mais detalhado do funcionamento das chamadas fontes intermitentes ou variáveis de energia renovável (VER), ou seja, eólica e fotovoltaica.

Trata-se de cortar geração, que em alguns sistemas batizaram de “*curtailment*” ou em outros de “vender eletricidade a preço zero ou negativo”.

Realmente é estranho. Como entender fazer-se investimento para geração de eletricidade e depois vender a preço zero, ou seja, “jogar fora” a eletricidade?

Uma diferença fundamental entre a eletricidade e outros produtos é que o sistema elétrico tem que manter um equilíbrio perfeito entre oferta e demanda o tempo todo. Por exemplo, embora existam limites naturais para o armazenamento de batatas, há alguma flexibilidade entre o momento da colheita, armazenamento e venda de batatas. Caso exista mais batatas do que o mercado, armazenamos para venda em outra época. A eletricidade, não, ela é necessária instantaneamente sempre que a demanda ocorre. Assim, a geração deve ser controlada para equilíbrio imediato com a demanda. Infelizmente as fontes variáveis não permitem esse controle da quantidade gerada e portanto pode ocorrer esse desequilíbrio.

À medida que a energia variável se expande em um determinado sistema, os excedentes ocasionais na geração se tornarão cada vez mais comuns e, conseqüentemente, levarão

¹ Armando Ribeiro de Araujo é Engenheiro Eletricista com Mestrado e Doutorado, foi Diretor de Procurement Policy do Banco Mundial, Secretário Nacional de Energia do Ministério Infraestrutura, Secretário Executivo do GCOI, Diretor de Operação da CEB, Presidente da Eletronorte, Membro do Conselho de Administração de Itaipu, Furnas, Chesf e Eletronorte

à necessidade de redução por corte de parte da produção, ou mesmo o corte total da produção de uma usina.

Embora essa redução seja frequentemente vista como indesejável, especialmente na perspectiva dos produtores de energia variável, é um mecanismo essencial para os operadores do sistema poderem manter a rede elétrica confiável e estável.

E, o que pode causar esse fenômeno?

Excesso de Capacidade: O principal motivo para o chamado “curtailment” corresponde a períodos, do dia ou do ano, quando a geração variável, que não é controlável, exceda a carga. Alguns interessados chamam a isso falta de demanda, porém a realidade mostra que esse desequilíbrio entre capacidade e carga não é permanente, ocorre em alguns dias e deve-se a falta de capacidade das variáveis poderem regular sua geração.

Adicionalmente, devido à falta de um planejamento determinativo e também devido ao baixo custo de investimento das fontes eólica, e principalmente fotovoltaica, essas passaram, nos últimos anos, a serem preferidas e dominarem os novos investimentos. Como resultado, temos hoje no sistema nacional brasileiro e em alguns outros sistemas (CAISO, ERCOT e vários países Europeus) excesso de geração variável. Resultando em existir capacidade variável suficiente para atender toda a carga em determinados períodos e até existir excesso de capacidade em outros momentos.

Para equilibrar a oferta e a demanda de eletricidade em todo o sistema, os geradores de VER em todo o sistema, por não terem capacidade de regulação de sua produção, podem ter mesma cortada em períodos de excesso de oferta.

Sistemas com significativa capacidade solar podem ter excesso de oferta no meio do dia, por exemplo. O mesmo ocorre com eólicas que, em alguns sistemas, podem ter excesso de geração durante a noite ou em determinados meses, quando a demanda por eletricidade permanece baixa. Sistemas com mercados de energia spot também podem afetar o equilíbrio entre oferta e demanda por meio da competição econômica. Pode ocorrer que geradores de fontes variável decidam reduzir a produção como resultado de baixos preços de mercado spot, ou, em alguns casos, como na Europa, os preços podem se tornar zero ou negativos.

Agrega-se a esse fato, a chamada Geração Distribuída (GD), basicamente fotovoltaica, que além de reduzir a carga do sistema interligado, ainda exporta eletricidade para o sistema, transformando a carga líquida para os geradores do sistema menor no período que a GD injeta energia no sistema e plena nos outros períodos.

Esse excesso de geração variável pode ser armazenado caso o sistema possua capacidade de armazenamento de eletricidade. Caso contrário o curtailment é inevitável. Alguns sistemas estão obrigando que novas instalações de geração variável possua também capacidade de armazenamento.

No caso brasileiro o curtailment tem sido aplicado afetando a geração variável concentrada (de empresas geradoras) sem afetar a geração distribuída.

Porém não é apenas o excesso de capacidade que pode resultar em curtailment.

Congestionamento de Transmissão: O segundo motivo para curtailment pode ser a eventual existência de congestionamento no sistema de transmissão.

As fontes de geração de eletricidade geralmente depende de linhas de transmissão para permitir que a eletricidade flua de onde é gerada para onde é consumida. Quando surgem gargalos de transmissão, o operador do sistema pode ter que restringir a geração de certas fontes para garantir a estabilidade da rede. Essas restrições por congestionamento de transmissão podem afetar qualquer tipo de geração, variável ou despachável. A diferença básica é que quando afeta uma fonte despachável esta tem capacidade de adaptar a quantidade de energia gerada, o que não ocorre em uma variável.

Os gargalos de transmissão podem assumir algumas formas diferentes, porém as mais comuns são restrições térmicas de certas linhas além de certos limites, restrições de tensão e de estabilidade, relacionadas ao equilíbrio elétrico devido a localização das fontes de inércia. Adicionalmente, podem haver limitações de rede localizadas. Diferentes das considerações de todo o sistema, as limitações da rede local podem restringir a geração em algumas usinas.

Devido ao fato de não serem despacháveis, os operadores podem ser obrigados a restringir uma usina variável específica ou um conjunto de usinas para evitar a sobrecarga das linhas de transmissão que movimentam energia entre interfaces. A

expansão da capacidade de transmissão em regiões propensas a altos níveis de congestionamento pode ajudar a reduzir a restrição e maximizar o uso dos recursos disponíveis.

Estabilidade do Sistema: os operadores também podem ser obrigados a restringir uma usina variável para o sistema permanecer dentro dos limites de estabilidade estabelecidos e para manter o desempenho da frequência do sistema, em especial quando a capacidade das fontes despacháveis já tenha sido utilizada. Por exemplo, os operadores podem necessitar que o sistema sempre mantenha um certo número de unidades de geração síncrona on-line (comprometidas) (por exemplo, com base em níveis mínimos de inércia estabelecidos, limitando as contribuições de geradores variáveis não síncronos).

Os requisitos de reserva operacional também podem resultar em redução de energia eólica e solar para manter espaço para que provedores de reserva flexíveis aumentem sua produção conforme necessário (incluindo eólica e solar), equilibrando oferta e demanda.

Para manter a estabilidade da tensão local, a estabilidade transitória do sistema e o desempenho relacionado dos sistemas de proteção, os operadores podem ter que restringir os geradores variáveis para manter as unidades de geração síncrona on-line (operando em níveis mínimos de geração) para proteger contra impactos negativos conhecidos de perturbações.

Estáticas de Ocorrência: como indicamos acima, curtailment é um fenômeno que ocorre apenas em sistema com alta penetração de fontes variáveis. Trata-se, portanto, de ocorrência relativamente recente e somente observada em alguns sistemas.

Em 2024, a Europa experimentou um aumento significativo nos períodos de "energia zero" - ou seja, 4.838 períodos de dias com preços de eletricidade caindo para zero ou menos - devido a um aumento na geração de energia variável, particularmente solar, juntamente com a demanda menor que a capacidade produtiva e flexibilidade limitada da rede. O total de ocorrências em 2024 é quase o dobro das 2.442 ocorrências registradas em 2023.

Em outros sistemas o curtailment representa as seguintes percentagens do total da capacidade de geração de energia variável (solar mais eólica): CAISO 5%; ERCOT 6%; EirGrid (Irlanda) 11%; SPP (USA) 9%; NESO (UK) 5%.

Efeitos no Planejamento: Como indicamos acima é possível identificar os fatos que geram o curtailment, portanto, se esses fatos forem considerados no planejamento, o curtailment pode ser eliminado ou reduzido, ou mesmo ser permitido em casos que sejam a melhor opção econômica. Porém para tal seria necessário um planejamento determinativo.

Vimos exemplos de sistemas com grande ocorrência de curtailment. São aqueles que possuem um modelo regulatório totalmente de livre mercado tanto para geração como comercialização. Ou seja, onde a expansão do sistema não segue uma ordem determinada pelo planejamento de forma integrada, mas apenas como resultado da competição do custo de investimento das fontes. E onde a comercialização da eletricidade se faz por preços resultantes da competição entre os agentes.

Nos processos de planejamento de sistema é possível comparar o custo entre permitir curtailment versus efetuar investimentos no sistema para estabelecer quando (e onde) o curtailment pode ser a solução mais econômica. Existem casos em que o curtailment é mais econômico do que investimentos no sistema existente ou construir novos armazenamentos em locais específicos, para evitá-los. Alternativamente, em outras situações a expansão do sistema oferece maiores benefícios ao reduzir o curtailment e, assim, permitir um compartilhamento de recursos mais amplo. Por vezes pode ser mais econômico permitir o curtailment no curto prazo, como uma estratégia, e a seguir expandir o sistema para eliminar o curtailment no longo prazo. Esta decisão é altamente dependente do sistema e específica da localização, e sua estrutura institucional.

CONCLUÍMOS que o Curtailment é um mecanismo bem estabelecido e usado por operadores de vários sistemas para gerenciar suprimentos resultantes de excedentes de geração solar e eólica. No entanto, a existência, ou não, do Curtailment varia consideravelmente entre os diferentes sistemas, dependendo do contexto local com relação a penetração de fontes variáveis, das práticas operacionais existentes, do sistema regulatório do mercado, da flexibilidade de recursos de redes de distribuição e transmissão e de armazenamento. À medida que a penetração de fontes não

despacháveis aumenta no sistema elétrico, aumenta a complexidade operativa do sistema, exigindo práticas para gerenciar o Curtailment.