

Impactos das mudanças climáticas no setor elétrico: O papel da geração distribuída e do armazenamento de energia

Kalyne Brito¹
Matheus Balmas²
Caroline Chantre³
Rubens Rosental⁴

O setor de energia não apenas contribui com as mudanças climáticas, como também sofre com os seus impactos. Segundo o Instituto Acende Brasil (2021), em 2019, as perdas econômicas ocasionadas por desastres naturais somaram US\$ 229 bilhões globalmente. No setor elétrico, os impactos estão relacionados a diferentes aspectos dos sistemas, envolvendo a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica. Nota-se que as vulnerabilidades no setor variam de acordo com os sistemas de energia e com as características da matriz elétrica, podendo ser reduzidas a depender das mudanças no *mix* de tecnologias de geração (YALEW, S. *et al.*, 2020; IAB, 2021).

No Brasil, a ocorrência de eventos climáticos extremos, como estiagens prolongadas, ondas de calor e tempestades, e as alterações no regime hidrológico são as duas principais ameaças ao setor elétrico. Os impactos são sentidos, principalmente, através de duas maneiras: danos às redes de transmissão e capacidade de geração hidrelétrica, uma vez que a matriz elétrica brasileira é composta por 53,4% pela geração hídrica (IAB, 2021, EPE, 2022). A grande contribuição da geração hídrica na matriz reflete uma vulnerabilidade à alteração do regime hidrológico. O **Quadro 1** sintetiza os impactos dos eventos climáticos extremos na geração e no fornecimento de energia.

¹ Pesquisadora do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL).

² Pesquisador Junior do GESEL.

³ Pesquisadora do GESEL.

⁴ Pesquisador Sênior do GESEL.

Quadro 1: Impacto das mudanças climáticas no setor elétrico

	Evento Climático	Impactos no setor elétrico
Capacidade de geração hidrelétrica	Alteração do regime de chuvas	Chuvas mais intensas: vertimento das usinas e menor aproveitamento da água efluente Períodos de estiagens prolongados: dificuldade de operação do reservatório e queda na geração de energia
Redes de transmissão	Temperaturas elevadas	Redução da capacidade de transmissão, aumento das perdas elétricas
	Ventos muito fortes, descargas elétricas	Rompimento de cabos, e conseqüentemente interrupção do fornecimento de energia
	Estiagem prolongada	Aumenta a deposição de partículas nas cadeias de isoladores das linhas de transmissão, ocasionando o desgaste de materiais e, conseqüentemente, aumentando o risco de curto-circuito

Fonte: Elaborado pelos autores, com dados do IAB (2021) e FRACTAL ENGENHARIA (2021).

Para evitar tais prejuízos, os sistemas de energia podem se adaptar aos impactos das mudanças climáticas, de modo a aumentar a resiliência do setor e garantir a segurança do fornecimento de energia. Os mecanismos de adaptação podem incluir a redução da demanda, o aumento da capacidade de geração, o armazenamento de energia, entre outros (YALLEW, S. *et al.*, 2020). Este artigo, no entanto, se concentrará em dois mecanismos: a geração de energia distribuída (GD) e o armazenamento de energia.

A expansão da GD terá um papel importante para tornar o sistema elétrico mais resiliente e confiável. Por se tratar de sistemas de geração de pequena ou média escala próximos ao local de consumo, estes possibilitam a redução (i) da demanda por energia durante os picos de carga, (ii) das perdas técnicas e (iii) da congestão das redes de transmissão e de distribuição (NARUTO, 2017).

A possibilidade de diminuição da demanda nos períodos de pico de carga pela GD decorre da sua complementaridade para o fornecimento de energia ao consumidor. Isso significa que a GD fornece energia alternativa aos consumidores nos períodos de alta demanda, quando a carga permanece acima dos parâmetros nominais (NARUTO, 2017). Além disso, a GD contribui para aumentar a capacidade total de geração e diversificar a matriz elétrica, reduzindo o impacto das alterações no ciclo hidrológico.

Por estar próxima aos centros de consumo também, a GD minimiza danos físicos às linhas de transmissão, que se estendem por milhares de quilômetros, ficando mais expostas às intempéries, como ventos, tempestade e descargas atmosféricas, que podem levar à interrupção do fornecimento de energia. Neste

caso, a geração próxima ao consumo não apenas reduz significativamente as perdas técnicas, inerentes ao processo de transporte de energia por longas distâncias, como também amplia a qualidade e a segurança do abastecimento de energia (NARUTO, 2017; TAVARES et al., 2018).

Apesar dos benefícios citados, a inserção da GD, primariamente associada à geração solar fotovoltaica, pode ocasionar problemas relativos à flutuação da tensão, em decorrência da intermitência desta fonte. Neste sentido, a ampliação da previsibilidade dos fluxos bidirecionais de energia, bem como a limitação de variações na rede de distribuição, é um requisito para o gerenciamento da rede local. Uma solução vislumbrada é o acoplamento da GD com sistemas de armazenamento de energia. Assim, no período em que há excesso de geração de energia, esta seria armazenada e injetada na rede de distribuição quando o sistema demandar, o que evitaria a subtensão ou sobretensão da rede (WAENGA; PINTO, 2016). Destaca-se, neste sentido, a sua atuação enquanto solução emergente para a sazonalidade, a intermitência e a imprevisibilidade dos recursos renováveis – sobretudo solar e eólico.

Portanto, o armazenamento de energia está relacionado à maior integração de fontes renováveis ao sistema, possibilitando a sua expansão. Com isso, a associação da geração e do armazenamento distribuído fornece uma solução resiliente no caso de falhas graves em um sistema de distribuição, decorrentes de desastres naturais.

Para além de seu papel associado à GD e a fontes renováveis centralizadas, o armazenamento de energia também traz benefícios para a rede elétrica como um todo, permitindo uma maior flexibilidade. Ademais, uma de suas atuações é o fornecimento de serviços ancilares, fundamentais para a manutenção dos níveis adequados de operação do sistema, uma vez que são responsáveis por corrigir os desequilíbrios da rede elétrica, intensificados pela crescente inserção das fontes de energias renováveis. As baterias, por exemplo, têm resposta rápida e, portanto, podem ser utilizadas para fornecer serviços associados ao controle da frequência, assim como, atuar como reserva operativa, auxiliando na recuperação do equilíbrio entre carga e geração, após a ocorrência de perturbações na rede elétrica (EPE, 2019).

Uma aplicação crescente, associada aos eventos climáticos, é o papel do armazenamento como *backup* em casos de desastres naturais que podem danificar as torres de transmissão de energia, abastecendo a rede durante a interrupção do fornecimento (BOWYER, 2021).

Na Austrália, por exemplo, o estado da Austrália do Sul possui a maior parte de sua geração de energia advinda de fontes renováveis. Em 20 anos, o estado passou de uma matriz completamente fóssil (2000) para 60% da sua geração

proveniente de energias renováveis (2020), com um papel significativo do armazenamento de energia no período recente (BOWYER, 2021).

O estado possui, ainda, o maior sistema de armazenamento de energia por bateria do mundo, o *Hornsedale Power Reserve*, cuja função principal é manter a segurança e a resiliência da rede em momentos de desequilíbrio na frequência. O sistema foi instalado em 2017 pelas empresas Tesla e Neon, com uma capacidade de 129 MWh (BOWYER, 2021), e apresentou tanto sucesso que teve a sua capacidade expandida com mais 64.5 MWh, em setembro de 2020 (HORNSDALE POWER RESERVE, 2021).

O sistema também permite que 100 MW sejam descarregados na rede, o que pode ser realizado de duas maneiras. Em condições normais, 30 MW da capacidade de descarga da bateria são disponibilizados para a NEOEN (operador do parque eólico *Hornsedale*) para operação comercial no mercado de energia elétrica da Austrália. A NEOEN utiliza esta capacidade de descarga da bateria para gerenciamento de carga, com a finalidade de armazenar energia quando os preços estão baixos e vendê-la quando a demanda é alta (AEMO, 2018).

Os 70MW restantes são reservados para fins de confiabilidade da rede do sistema de energia, ou seja, são utilizados para manter a estabilidade da rede e evitar blecautes enquanto outros geradores são iniciados após quedas de energia repentina ou outros problemas na rede (AEMO, 2018).

O *Hornsedale* foi indispensável para auxiliar no problema de blecautes recorrentes do estado, abastecendo-o por duas semanas quando um tornado derrubou uma das torres de transmissão que interligava Victória e Austrália do Sul (BOWYER, 2021).

Além disso, os benefícios da utilização de armazenamento são percebidos, também, a nível distribuído. As unidades consumidoras dotadas de sistemas de mini e microgeração distribuída também podem se beneficiar da utilização de baterias para realizar arbitragem da energia, ou seja, a venda da energia armazenada para a rede, quando o preço (e a demanda) está alto, e a compra (e estocagem) quando o seu preço está baixo. Com isso, o usuário economiza ao responder às flutuações de preço.

Portanto, conclui-se que os sistemas de armazenamento e de geração distribuída, sejam eles aplicados de forma individual ou associados, terão um importante papel no aumento da resiliência do setor elétrico. Além disso, irão garantir que os impactos causados pelas mudanças climáticas no setor sejam minimizados, pois reduzem o impacto da alteração dos ciclos hidrológicos, minimizam as interrupções de energia por danos nas linhas de transmissão e

umentam a flexibilidade do setor, permitindo que o sistema elétrico se adapte frente a eventos climáticos extremos, cada vez mais frequente.

A difusão destas tecnologias e o desenvolvimento de suas aplicações ao setor elétrico dependerão diretamente de um arcabouço regulatório adequado. Desta maneira, entende-se que as políticas públicas terão um papel igualmente importante para tornar o setor elétrico mais resiliente. Esta questão, ainda em aberto, será objeto de análise em artigos futuros.

Referências

AEMO, Australian Energy Market Operator. Initial operation of the Hornsdale Power Reserve Battery Energy System. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3Gk53UL>. Acesso em: 27 de nov. 2021.

BOWYER, J.; KUIPER, G. A grid dominated by wind and solar is possible. South Australia: A window into the future. Institute for Energy Economics and Financial Analysis, 2021.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2022: Ano base 2021, Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2021.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Sistema de armazenamento em baterias: aplicações e questões relevantes para o planejamento. 2019

Fractal Engenharia. O impacto das mudanças climáticas no setor elétrico brasileiro. 2021. Disponível em: <https://fractal.fmago.com.br/2021/12/17/o-impacto-das-mudancas-climaticas-no-setor-eletrico-brasileiro/>. Acesso em: 20 de out. 2021.

IAB, Instituto Acende Brasil. O observatório do setor elétrico brasileiro. Ed. 25, 2021. Disponível em: https://acendebrasil.com.br/wp-content/uploads/2021/03/WP25_FINAL-WEB.pdf. Acesso em: 20 de out. 2021.

NARUTO, D. T. Vantagens Técnicas. In:____. Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica. Rio de Janeiro, UFRJ/Escola Politécnica, 2017.

TAVARES, A. *et al.* Impactos econômicos da geração distribuída e proposições regulatórias. Texto de Discussão do Setor Elétrico nº 86, Grupo de Estudo do Setor Elétrico (GESEL), Rio de Janeiro, 2018.

YALEW, S. *et al.* Impacts of climate change on energy systems in global and regional scenarios. Nature Energy, v. 5, pp. 794-802, 2020.

WAENGA, A. F. C.; PINTO, D. A. F. Impactos da GD FV no sistema de distribuição de energia elétrica. In:____. Impactos da geração distribuída fotovoltaica no sistema de distribuição de energia elétrica. Curitiba, 2016.

Hornsdale Power Reserve. Disponível em: <https://hornsdalepowerreserve.com.au/>. Acesso em: 14 de dez. 2021.