

Desafios para os sistemas de armazenamento hidráulico no Brasil¹

Nivalde de Castro²

Renata La Rovere³

Ana Carolina Chaves⁴

Katarina Ferreira⁵

O processo de transição energética tem levado à crescente eletrificação das atividades produtivas e de consumo, aderente ao objetivo de redução do aquecimento global através da descarbonização. Neste novo contexto estratégico, a dinâmica da eletrificação ocorre, prioritariamente, através de plantas geradoras de energia renovável intermitente, notadamente eólicas e, principalmente, solares.

Como resultante da nova dinâmica, configura-se um crescente desequilíbrio diário com o excesso de oferta, reflexo da geração solar ao longo do dia e da estrutura da demanda de energia elétrica, obrigando o operador do sistema elétrico a cortar geração, um fenômeno denominado por curtailment. A solução técnica e mais eficiente para reduzir os curtailments é a introdução de Sistemas de Armazenamento de Energia (SAE) no sistema elétrico, já utilizados em vários países, mas cujas origens se deram por outras razões, como, a exemplo da Espanha, em função de usinas nucleares.

Em linhas gerais, os SAE podem adotar duas tecnologias distintas, cuja mais madura é o Sistema de Armazenamento Hidráulico (SAH), também conhecida por usinas hidroelétricas reversíveis (UHR). Este sistema se baseia no bombeamento de água do reservatório inferior de uma usina hidrelétrica para armazenamento em um reservatório superior, justo nos momentos em que há

¹ Artigo publicado no Broadcast Energia. Disponível em:
<https://energia.aebroadcast.com.br/tabs/news/746/55016369>. Acesso em: 11 de fev. 2026.

² Professor do Instituto de Economia da UFRJ e Coordenador-Geral do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL-UFRJ).

³ Pesquisadora Associada do GESEL-UFRJ.

⁴ Pesquisadora Plena do GESEL-UFRJ.

⁵ Pesquisadora Associada do GESEL-UFRJ.

excesso de oferta de energia. Por outro lado, quando há a redução da oferta, como no anoitecer, a água armazenada é utilizada para gerar energia, recompondo o equilíbrio do sistema pelo lado da oferta. A segunda tecnologia de SAE é o sistema de baterias (BESS, do inglês Battery Energy Storage Systems), ainda com rota tecnológica em pleno desenvolvimento.

No mundo, os SAH são a principal forma de armazenamento de energia, representando mais de 94% da capacidade mundial de armazenamento de energia de longa duração, segundo dados da Associação Internacional de Energia Hidrelétrica (IHA, 2025). Essa tecnologia de armazenamento apresenta inúmeras vantagens, com destaque para: (i) a longa vida útil do ativo físico, com mais de 40 anos de funcionamento; (ii) a sustentabilidade ambiental por usar como recurso a água; (iii) a capacidade de armazenamento de energia por muitas horas; e (iv) o reforço da cadeia produtiva de construção de usinas hidrelétricas. Nestes termos, e com base nesta síntese de suas características, os SAH têm condições mais efetivas de garantir flexibilidade operativa, possibilitando a redução do despacho de usinas térmicas, contribuindo para aumentar a confiabilidade do sistema e reduzindo os custos marginais de operação.

No caso do Brasil, o setor elétrico apresenta um forte crescimento das fontes renováveis solar e eólica e uma perspectiva de redução relativa da participação das usinas hidrelétricas convencionais em sua matriz elétrica, determinando cenários de curtailments preocupantes. Neste sentido, os investimentos em SAH, praticamente inexistentes, devem ser considerados como um vetor estratégico, não apenas porque o País vem experimentando curtailment, como também devido às características da matriz energética brasileira, fortemente baseada em centenas de usinas hidrelétricas.

O Brasil já, há anos, vem desenvolvendo estudos sobre SAH, através de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) no âmbito do Programa da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e por decisões individuais, que demonstraram viabilidade econômica e alta funcionalidade energética. Porém, o País carece de um arcabouço regulatório que dê segurança e incentive os investimentos privados nesse tipo de tecnologia.

O primeiro Leilão de Reserva de Capacidade (LRCap) para SAE do País, previsto para abril de 2026, estabelece a contratação apenas de BESS. Contudo, o Ministério de Minas e Energia (MME), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e a Aneel estão, nas suas áreas de competência, estudando alternativas para viabilizar e alavancar futuros leilões de SAH.

Visando contribuir para as discussões, a Associação Brasileira de Geradoras de Energia Elétrica (Abrage) desenvolveu, junto com o Gesel-UFRJ, um estudo exploratório sobre as percepções das empresas do setor elétrico a respeito dos SAH. No estudo, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com um conjunto de empresas cujas áreas de concessão cobrem a maior parte do território brasileiro.

A pesquisa buscou identificar fatores técnicos e econômicos que incentivam a adoção da tecnologia, questões referentes ao arcabouço regulatório, questões ambientais, bem como barreiras e oportunidades percebidas pelas empresas. Cabe destacar que as entrevistas foram realizadas entre outubro e novembro de 2025, servindo como retrato do ambiente pré-Lei nº 15.269/2025.

No que se refere aos fatores técnicos, a pesquisa identificou que os SAH são percebidos como uma tecnologia madura e as empresas estão atentas às oportunidades de mercado associadas, tendo algumas delas, inclusive, realizado estudos para identificar sítios ideais para a sua implementação. Os SAH são vistos como ativos de geração nas suas estratégias competitivas, porém ainda não há preferência definida pelo tipo de arranjo do sistema (ciclo fechado, semiaberto ou aberto). Algumas empresas pontuaram que o ciclo fechado pode ser uma boa opção inicial devido às vantagens associadas à geografia dos reservatórios e à menor complexidade no que se refere à análise dos impactos ambientais e ao licenciamento do reservatório.

Ademais, de acordo com as empresas entrevistadas, a caracterização dos SAH, para fins de regulação, deveria ser de serviços de eletricidade, com processos de outorga simplificados e contratos do tipo arrendamento por superfície ou acordos comerciais detalhados. Os serviços a serem ofertados seriam serviços de eletricidade, de flexibilidade e, em menor medida, ancilares.

Destaca-se que as empresas foram unânimes em apontar que a instalação de SAH pode gerar uma dupla tributação, pois a usina passa a atuar como geradora e consumidora, ressaltando que esse ponto deve ser tratado na definição do seu arcabouço regulatório. Portanto, o atual arcabouço regulatório é visto como uma barreira aos investimentos, por não tratar ainda dos SAH, além dos desafios inerentes à necessidade de articulação com diferentes órgãos, como Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Ibama, prefeituras, governos estaduais, comitês de bacias etc.

Outra barreira apontada é a falta de suporte político e da sociedade, ligado à própria falta de entendimento sobre os potenciais benefícios sistêmicos dos SAH, haja vista que, estando associados diretamente a usinas hidrelétricas, a implantação da tecnologia pode trazer dúvidas quanto aos impactos socioambientais das obras necessárias.

No que se refere às questões ambientais, há consenso quanto à necessidade de adaptação dos mecanismos de licenciamento ambiental e da Declaração de Reserva de Recursos Hídricos (DRDH), bem como ajustes na outorga de água. As empresas ressaltaram a importância do estabelecimento de critérios de licenciamento claros e amplamente divulgados, considerando relevante o desenvolvimento de ações de comunicação junto aos stakeholders para evitar conflitos. Ademais, as empresas sugeriram a unificação dos critérios de licenciamento ambiental nos diferentes níveis de governo, local, estadual e federal, como forma de agilizar os processos de licenciamento.

Os elementos apontados até aqui demonstram a necessidade imperiosa do estabelecimento de um arcabouço regulatório antes da implementação de projetos de SAH. As empresas consideram fundamental haver incentivos, não na forma de subsídios, mas de sinais de mercado, de modo a assegurar a segurança jurídica para os investimentos. Mencionou-se, também, a necessidade de definição das formas de remuneração, com destaque para o LRCap, que pode ser adaptado para SAH, pois fornece previsibilidade de receita e contratos regulados de longo prazo.

Um ponto relevante destacado no estudo é a importância de evitar a competição entre SAH e baterias em leilões, pois são tecnologias complementares e possuem características técnicas, como tempos de maturação de projeto, muito distintas. Desta forma, os custos sistêmicos de cada fonte de energia devem ser mensurados de modo a dimensionar a expansão dos sistemas corretamente, definindo critérios para o ressarcimento dos custos de desenvolvimento dos projetos.

Ressalta-se, ainda, que a percepção dos agentes entrevistados e aqui exposta de forma resumida foi em grande medida reposicionada pela Lei nº 15.269/2025, que explicita competências e diretrizes para o armazenamento, bem como pela agenda regulatória já consolidada na Consulta Pública nº 39/2023, ainda que dependente de um reenquadramento à luz da nova Lei e de outras regulamentações infralegais para produzir efeitos práticos.

Posto isto, torna-se relevante um esforço coordenado do marco institucional, com a participação do BNDES, para consolidar um ambiente de segurança regulatória e econômica, garantindo que os investidores saibam exatamente como serão remunerados pelos atributos de flexibilidade e estabilidade que os SAH irão oferecer ao sistema elétrico. Para isso, é necessário avançar nos estudos sobre regulação e políticas públicas em curso e engajar os órgãos responsáveis na busca de articulação interinstitucional, para que as soluções propostas possam permitir a difusão dos SAH no Brasil.