

Os Modelos Regulatórios de Usinas Hidrelétricas Reversíveis no mundo¹

Nivalde de Castro²
Roberto Brandão³
Ana Carolina Chaves⁴
Julian Hunt⁵
Camila Vieira⁶
Thiago Campos⁷

As usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) são consideradas a forma mais eficaz de armazenamento de energia em grande escala do mundo. Desde a década de 1960, as UHRs vem sendo largamente empregadas como tecnologia de armazenamento de energia, sendo responsáveis por, aproximadamente, 95% do estoque total de energia dos sistemas elétricos a nível global.

Ao analisar a disposição espacial das UHRs em operação no mundo, observa-se a sua grande concentração na China, Japão, Estados Unidos, Espanha e Itália. Na Europa, as UHRs encontram-se localizadas em regiões montanhosas, como Áustria, França, Alemanha, Itália, Espanha e Suíça, devido às características geográficas favoráveis à sua inserção. Já na América Latina, a presença desta tecnologia ainda é pouco significativa.

A partir do momento que observamos as UHRs segundo o ano de entrada de operação, este cenário se altera. Países dotados de elevada capacidade instalada, como os Estados Unidos e Japão, não vêm realizando novos investimentos em UHRs. Mesmo na Europa, onde alguns empreendimentos foram construídos nos últimos anos, o ritmo de introdução de novos projetos arrefeceu nas últimas décadas. A construção de UHRs vem

¹ Artigo publicado pela Agência Canal Energia. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/artigos/53138310/os-modelos-regulatorios-de-usinas-hidreletricas-reversiveis-no-mundo> Acessado em 1 de julho de 2020

² Coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL/UFRJ.

³ Pesquisador Sênior do GESEL/UFRJ

⁴ Pesquisadora do GESEL/UFRJ

⁵ Pesquisador do Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados (IIASA). Austria

⁶ Pesquisadora do GESEL/UFRJ

⁷ Pesquisador júnior do GESEL/UFRJ

sendo liderada por um novo grupo de países: China, Portugal, Áustria, Coréia do Sul e Índia. Dentre estes, destaca-se a China que, em 2018, apresentou uma capacidade instalada de UHRs de aproximadamente 22 GW, a maior do mundo.

Esta mudança, a nível mundial, teve como principal motivação a reforma dos mercados elétricos e seus consequentes desafios à viabilização de UHRs, principalmente no que tange os mecanismos de investimentos e remuneração. Em geral, este tipo de usina apresenta dificuldade de inserção nos marcos regulatórios setoriais liberalizados, já que não pode ser considerada um novo tipo de fonte de geração pura e sua aplicação envolve o fornecimento de serviços de armazenamento energético e a geração de benefícios sistêmicos.

Dito isso, nota-se que 95% das UHRs em operação foram construídas em condições de monopólio (nacional ou regional), em períodos anteriores às reformas liberalizantes, e menos de 5% foram comissionadas em mercados liberalizados (Barbour *et al.*, 2016). Mesmo em anos recentes, os investimentos em UHR têm ocorrido, principalmente, em mercados que ainda estão sob propriedade pública, como na China. Todos os casos de UHRs construídas em mercados liberalizados ocorreram na Europa e, dentre estes, alguns se desdobraram em episódios de prejuízos financeiros, diante das dificuldades de remuneração e retorno dos investimentos.

Ao longo dos anos, a construção das UHRs foi motivada de acordo com o paradigma de operação das matrizes energéticas. Em um primeiro momento, a inserção destas usinas esteve associada à complementação de geração de eletricidade em horários de ponta a outras fontes energéticas, como a nuclear e o carvão, no caso dos Estados Unidos, Japão e alguns países europeus. O papel das UHRs era auxiliar as fontes inflexíveis no acompanhamento de carga do sistema. As usinas a carvão ou nucleares podiam, assim, continuar atuando na base com máxima eficiência, mesmo em momentos de baixo consumo, enquanto as UHRs operavam nas demandas de pico.

Apesar desta tendência, em países que já apresentavam uma participação significativa de energia hídrica na matriz elétrica, como na Áustria e Noruega, as UHRs surgiram com a funcionalidade de estocar energia em períodos de alta afluência, para posterior uso em momentos de alta demanda e baixa afluência. Em contraposição ao observado nestes dois casos, a expansão das UHRs, nos últimos anos, esteve frequentemente relacionada à crescente participação de fontes renováveis alternativas intermitentes, para permitir o ajuste entre a geração e carga, e na postergação da infraestrutura de transmissão.

Ao longo dos anos, percebe-se que as UHRs foram incorporadas no contexto de três principais modelos regulatórios: i) mercados não liberalizados ou com pouca separação entre os segmentos; ii) mercados em estágio inicial de liberalização; e iii) mercados liberalizados.

No primeiro modelo, a UHR surge como parte dos ativos operacionais de uma empresa verticalmente integrada, remunerada frequentemente pelo custo do serviço como os demais projetos e investimentos. A empresa tem liberdade para desenhar uma solução de menor custo e de sua preferência para abastecer o mercado. Não existe, assim, um esquema de remuneração específico para as UHRs.

No segundo modelo, as UHRs integram os ativos de uma empresa de geração (produtor independente), vendendo energia através de um contrato do tipo *Power Purchase Agreement* (PPA). Não existe um monopólio da geração, sendo possível uma empresa independente firmar um contrato de longo prazo, que lhe garanta previsibilidade de fluxos de caixa para investir em novos projetos. Neste contexto, uma empresa geradora que precisa entregar energia dentro de certas especificações, como as usinas de carvão ou nuclear, consegue, na prática, fornecer uma curva de geração líquida adequada às necessidades do sistema. Novamente, não há um mecanismo de remuneração específico, pois a UHR faz parte da solução do agente gerador para suprir energia dentro dos requisitos de flexibilidade exigidos.

Já nos mercados liberalizados e desverticalizados, a UHR deixa de ser um ativo de uma empresa regulada, pelo custo do serviço ou que vende energia através de PPA, e passa a ser categorizada como uma unidade econômica autônoma competindo com os demais geradores e consumidores em um mercado físico de energia, com uma dinâmica determinada pela oferta de preços dos agentes. Em geral, a remuneração das UHRs nestes mercados ocorre através de dois mecanismos: i) operação de compra e venda de energia nos mercados diário e intradiário, ou seja, arbitragem de preços de forma a lucrar com a diferença; e ii) oferta de serviços ancilares ao operador do sistema.

No entanto, estes mecanismos de remuneração e investimento enfrentam uma série de desafios e incertezas. No primeiro caso, se não houver falhas de mercado, não haverá oportunidades de arbitragem. Por isso, não faz sentido, do ponto de vista econômico, investir em ativos fixos para ganhar com arbitragem, pois esta oportunidade de ganho não é garantida no longo prazo. No segundo mecanismo, a maioria dos mercados ainda não apresenta regras de remuneração de serviços ancilares capazes de viabilizar investimentos em novos projetos capital intensivos. Quando existentes, as UHRs concorrem com as demais unidades geradoras tradicionais e as receitas auferidas tendem a ser relativamente menores do que a estrutura de custos das UHRs, podendo ser insuficientes para a viabilização de novos projetos.

Assim, a sustentabilidade das UHRs em mercados liberalizados mostra-se problemática, estando, via de regra, relacionada a mecanismos de incentivo. No mercado europeu, destaca-se o caso de Portugal, que promoveu a prorrogação de concessões de usinas através do reforço de potência e do Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroelétrico. A Comissão Europeia também apresentou uma lista de Projetos de Interesse Comum (*Projects of Common Interest – PCIs*) para a promoção do crescimento e desenvolvimento da infraestrutura, dentre os quais se encontram projetos de construção e ampliação de UHRs suportados pelo *EU's Cohesion Fund, European Regional Development Fund* (ERDF), *European Investment Bank* (EIB) e *European Fund for Strategic Investments* (EFSI) (EC, 2019).

O Quadro 1 apresenta um resumo de alguns casos internacionais. Observa-se que não existe um padrão quanto ao enquadramento regulatório, às políticas de incentivo de

investimento e às estratégias operacionais ótimas, nos mercados liberalizados. Na maioria dos países, não existe regras e normatizações específicas para as UHRs, sendo estas incluídas nas diretrizes dos ativos de geração hidrelétricos.

Quadro 1
Países selecionados com UHR e os mecanismos de mercado utilizados

País	Tipo de Mercado	UHR pertence à transmissão	Mecanismos de Remuneração e Incentivos
China	Parcialmente liberalizado; desverticalizado.	Sim	- Tarifas aprovadas para projetos individuais baseadas em custos médios ou em sistema de “ <i>cost-plus</i> ”; - UHRs operadas e construídas pela empresa de rede; - Tarifa de duas-partes <i>feed-in</i> para novas UHRs; - Mecanismos para assegurar os investimentos; - Custo de operação integrado ao custo de operação das redes;
Chile	Mercado liberalizado; desverticalizado	Não se aplica (UHR planejada)	- Previsão de dois PPA por leilão: um para venda de energia 24/7 e outro com pagamento de bombeamento e geração
Índia	Parcialmente liberalizado; desverticalizado	Sim	- A maioria dos empreendimentos realiza PPAs de longo prazo com empresas estatais;
Suíça	Parcialmente liberalizado; desverticalizado.	Sim	- Arbitragem de preço;
Portugal	Mercado liberalizado; desverticalizado	Não	- Arbitragem de preços do mercado diário e intradiário e de serviços ancilares; - Mecanismos de incentivo (prorrogação de concessões e repotenciação); - Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroelétrico (PNBEPH);
Áustria	Mercado liberalizado, desverticalizado	Não	- Combinação entre PPAs de empresas de grande porte e os mercados europeus futuro e spot;

Fonte: Adaptação de Barbour *et al.* (2016).

A título de conclusão, percebe-se que o enquadramento regulatório da UHR como agente de geração e o modelo de remuneração baseado, fundamentalmente, na arbitragem de preços não justificam os investimentos nesta tecnologia. Torna-se necessária, assim, a adoção de novos desenhos de mercados e mecanismos de remuneração adequados para estas usinas. Uma análise preliminar das pesquisas realizadas pelo Gesel identifica, no enquadramento das UHRs como serviço de rede e na remuneração em função dos custos evitados e dos benefícios sistêmicos, um caminho promissor para a expansão desta tecnologia.

Referências Bibliográficas

BARBOUR, E.; WILSON, I. A. G.; RADCLIFFE, J.; DING, Y.; LI, Y. A Review of Pumped Hydro Energy Storage Development in a Significant International Electricity Market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.v.61, p. 421-432, 2016.

DOE. Global Energy Storage Database.

EC, EUROPEAN COMMISSION.