

Características e Funcionalidades das Usinas Hidrelétricas Reversíveis

CASTRO, Nivalde de; BRANDÃO, Roberto; HUNT, Julian David; CATÓLICO, Ana Carolina. *“Características e Funcionalidades das Usinas Hidrelétricas Reversíveis”*. Agência CanalEnergia. Rio de Janeiro, 23 de julho de 2018.

Durante a última década, as novas fontes renováveis de energia elétrica vêm fornecendo uma parcela crescente do mix de geração da matriz energética do Brasil. Todavia, a intermitência da geração eólica e solar exige, para que seja possível uma ampla difusão destas fontes, que o sistema conte com capacidade de armazenamento de energia. Neste mesmo período, constata-se o fim da hegemonia das usinas hidroelétricas, que são justamente a forma mais barata de armazenamento de energia. Este é o cenário do setor elétrico brasileiro. No entanto, há um potencial de recursos hidroelétricos ociosos. Trata-se do potencial de usinas hidroelétricas reversíveis, tema deste pequeno e objetivo artigo.

Grandes reservatórios de usinas hidrelétricas são utilizados mundialmente para gerenciamento de água e armazenamento de energia. A desvantagem deste tipo de usina é que a construção de grandes reservatórios exige o uso de extensas áreas territoriais, o que implica, em profundos impactos no meio físico-biótico e nas dinâmicas sociais pré-existentes no local.

No sistema elétrico, as barragens de reservatórios convencionais podem ser utilizadas para armazenar água, reduzir a sazonalidade do fluxo do rio e otimizar a geração hidrelétrica à jusante. Estas barragens também podem apresentar outras funcionalidades para os demais usos de recursos hídricos, como o controle de enchentes, a agricultura, o transporte fluvial e o lazer. Destaca-se, porém, que o potencial de armazenamento energético com reservatórios de regulação convencionais viáveis no Brasil está, atualmente, em vias de exaustão.

Diante deste contexto, as usinas hidrelétricas reversíveis (UHR) surgem como uma opção de tecnologia para o armazenamento de energia e de água. Quando a demanda por energia elétrica é baixa, o excesso de geração pode ser utilizado para bombear água de um reservatório inferior para um reservatório superior, localizado, por exemplo, em um afluente do rio principal. Quando a demanda aumenta, a água armazenada é liberada para o reservatório inferior e convertida em energia elétrica.

O Quadro 1 apresenta os diferentes tipos de UHR disponíveis e a ocasião em que cada tipo de ciclo de armazenamento bombeado é utilizado.

TIPOS DE UHRs PARA ATENDER ÀS NECESSIDADES DE ENERGIA

Tipos de UHR	Tipo de Operação	Descrição das Operações
Plurianual	Bombeamento	Excedente anual em geração hidrelétrica Preços anuais de combustíveis mais baratos que a média Menor demanda média anual de energia Excedente anual de disponibilidade hídrica Baixa demanda hídrica anual
	Geração	Déficit anual na geração hidrelétrica Preços anuais de combustível mais caros que a média Maior demanda anual de energia Déficit anual de disponibilidade hídrica Alta demanda hídrica anual
Sazonal	Bombeamento	Estações chuvosas com alta geração de energia hidrelétrica Verão com alta geração de energia solar Estações de vento com alta geração de energia eólica Época em que a demanda de energia diminui
	Geração	Período seco com baixa geração de energia hidrelétrica Inverno com baixa geração de energia solar Estações com baixa geração de energia eólica Época em que a demanda por energia aumenta
Semanal/ Mensal	Bombeamento	Nos fins de semana, quando a demanda de energia diminui Dias de vento com alta geração de energia eólica Dias de sol com alta geração de energia solar Semana ou mês com chuvas intensas
	Geração	Durante a semana, quando a demanda de energia aumenta Dias com baixa geração de energia eólica Dias nublados com baixa geração de energia solar Semana ou mês com baixa disponibilidade hídrica
Diária	Bombeamento	Noite, quando a demanda de energia diminui Dia, quando há geração de energia solar
	Geração	Dia, quando a demanda por energia aumenta Noite, quando não há geração de energia solar

FONTE: GESEL-UFRJ

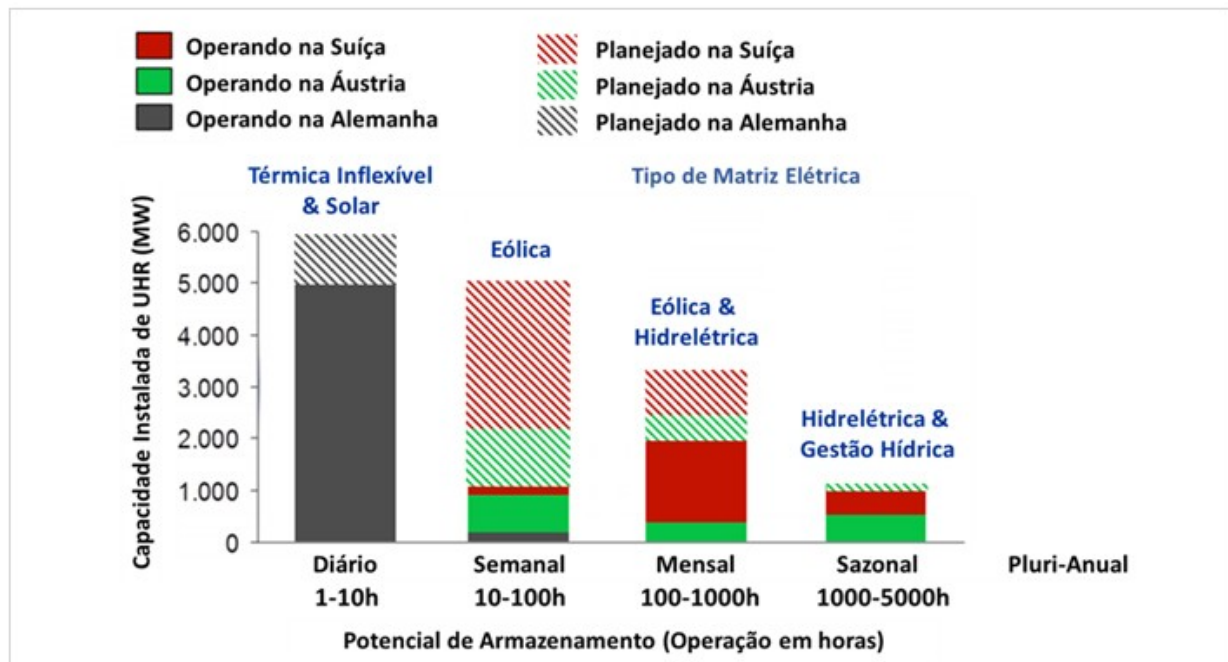
As UHRs plurianuais possuem um reservatório superior maior e podem executar as mesmas tarefas de uma UHR sazonal, mensal, semanal e diária. Já as plantas com ciclo diário apresentam capacidade de armazenamento limitada a um dia.

A flexibilidade de uma usina reversível irá depender diretamente do tamanho do reservatório de armazenamento superior.

Quanto maior a capacidade de armazenamento do reservatório superior, maior a flexibilidade de operação e maior o seu fator de capacidade. Normalmente, as UHR com ciclos diários e semanais possuem fator de capacidade de 10% a 20%, enquanto que as UHR com ciclos mensais, sazonais e plurianuais possuem um fator de capacidade de 20% a 30%, devido à maior flexibilidade operacional. Nota-se que o fator de capacidade máximo de uma UHR é de 50%, já que, em metade do tempo, a usina opera bombeando e, na outra metade, gerando.

O Gráfico 1 apresenta dados relativos à capacidade instalada por tipo de UHR existentes na Alemanha, Áustria e Suíça. A Alemanha possui, principalmente, UHR de tipo diário, devido à grande quantidade de geração térmica inflexível, como a carvão e nuclear. A Suíça e Áustria possuem, majoritariamente, UHRs mensais e sazonais, devido ao fato das respectivas matrizes elétricas serem hidrotérmicas, com maiores necessidades de armazenamento de longo prazo. Nos próximos anos, espera-se um aumento na capacidade de UHR semanais na Áustria e na Suíça, devido às crescentes necessidades de armazenamento demandadas pela geração eólica dos países europeus.

Gráfico 1: Capacidade instalada e planejada dos diferentes tipos de UHR na Alemanha, na Áustria e na Suíça, incluindo os principais propósitos dos ciclos de armazenamento.



O aumento da geração solar, na Alemanha nos últimos anos, reduziu a rentabilidade das UHRs com ciclos diários, pois o aumento da energia solar pode atender a demanda de energia elétrica durante o dia. Desta forma, o padrão característico de reversíveis em sistemas térmicos – armazenar energia durante a noite e gerar durante o dia – têm sido quebrado.

De forma similar ao observado na Áustria e Suíça, os tipos de UHR de maior relevância para os Brasil são os mensais, sazonais e plurianuais. Além de gerar durante a ponta e otimizar o sistema de transmissão, estas plantas desempenham um papel semelhante às barragens de reservatórios convencionais, armazenando grandes quantidades de água e de energia por longos períodos.

A principal diferença entre essas duas tecnologias é que, nas barragens de reservatórios convencionais, a água flui naturalmente para o reservatório, enquanto que, nas UHR, a água é bombeada para o reservatório.

Uma vantagem importante das UHR é a possibilidade de o reservatório superior variar em profundidade em até 150 metros, o que reduz consideravelmente a extensão da área alagada necessária para armazenamento de água e de energia. Além disso, os reservatórios de UHRs podem ser localizados em afluentes paralelos ao rio principal, onde o impacto socioambiental é consideravelmente menor.

Destaca-se que o potencial de UHR mensal, sazonal e plurianual, no Brasil, permitiria armazenar energia por USD\$ 10,00/MWh. O Plano Decenal de Expansão de 2026, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética, mostrou que, até 2026, o custo marginal de operação irá variar, aproximadamente, no entorno de USD\$ 20,00/MWh.

Desta forma, uma UHR operando somente com o ciclo sazonal já poderia resultar em um empreendimento economicamente viável. Adicionando os benefícios com a geração de ponta, armazenamento da geração intermitente, otimização do Sistema Interligado Nacional e medidas de ação direcionadas a uma melhor gestão dos recursos hídricos visando seus múltiplos usos e aplicabilidades, aumentar-se-ia ainda mais a viabilidade de um projeto de UHR no país.

Nivalde de Castro é Professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do GESEL- Grupo de Estudos do Setor Elétrico. Roberto Brandão é pesquisador Sênior do GESEL-UFRJ. Julian David Hunt é pós doutorando no IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis e pesquisador associado do GESEL-UFRJ. Ana Carolina Católico é doutoranda da ENSE e pesquisadora líder do GESEL-UFRJ