

armazenamento de energia destinada ao abastecimento de eletricidade

Luís Gil, João Bernardo, João Isidro
DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia
Tel.: +351 217 922 700
energia@dgeg.gov.pt · www.dgeg.gov.pt

Resumo

Neste artigo pretende-se apresentar, de forma abreviada, a situação existente em Portugal no que se refere a sistemas de armazenamento de energia destinada ao abastecimento de eletricidade. São apresentadas diversas soluções de armazenamento assim como alguns dados estatísticos relacionados com a atual situação e perspetivam-se projetos futuros no domínio do armazenamento de energia relacionado com a produção de eletricidade.

1. Introdução

O armazenamento de energia destinada ao abastecimento de eletricidade pode ser efetuado em diferentes meios ou ambientes e esta pode ser convertida em eletricidade para introdução na rede, de acordo com as exigências do consumo. A eletricidade injetada na rede tem que corresponder, a cada momento, ao consumo, pelo que, em caso de não possibilidade de exportação, o armazenamento da energia relacionada é uma necessidade para auxiliar a gestão dos sistemas de produção e distribuição [1].

O aumento do consumo de eletricidade devido ao crescimento económico e também à eletrificação da economia na transição energética imposta pelas alterações climáticas e outras preocupações ambientais tem-se traduzido num crescimento da produção de eletricidade a partir de fontes renováveis, algumas das quais com carácter intermitente. Esta intermitência recomenda, por sua vez, a adoção de sistemas de armazenamento de forma a manter o equilíbrio entre a produção e o consumo e permitir o funcionamento da produção em momentos de interrupção. Como o consumo é muito variável, a produção tem de ser feita em função do mesmo, e em tempo real. Deste modo também podem ser satisfeitos os picos de consumo, mesmo com recurso a fontes renováveis intermitentes [1]. As redes elétricas existentes muito dificilmente têm capacidade de depender exclusivamente de fontes de energia renováveis diretamente ligadas a essas redes, se não existir armazenamento.

Apesar do Relatório de Monitorização e Segurança no Abastecimento do Sistema Elétrico Nacional de 2020-2040 assegurar que este sistema elétrico é capaz de garantir a segurança do abastecimento até 2040, para se atingirem os níveis desejados a longo termo associados à estratégia nacional de descarbonização, com o previsto aumento do consumo de eletricidade, é necessário recorrer também a uma estratégia de armazenamento [2].

De acordo com Pereira [1] e Becker [3] existem várias tecnologias para armazenamento de energia que pode ser convertida em eletricidade, nomeadamente químicas, elétricas, mecânicas, eletroquímicas e térmicas.

A relação entre a potência de saída e a capacidade de armazenamento é um fator com relevo na seleção da tecnologia adequada. Por exemplo, é referido na bibliografia [4] que o armazenamento em ar comprimido e a bombagem hidroelétrica são geralmente adequadas apenas para grande escala (>500 MW). Nesta referência bibliográfica [4] pode ser consultada uma listagem dessas tecnologias e uma explicação abreviada das mesmas, assim como alguns exemplos existentes, em várias zonas do globo.

A armazenagem de energia é já, na atualidade, um dos temas críticos em matéria de segurança de abastecimento e gestão das redes e sê-lo-á ainda mais no futuro com a proliferação de centrais solares que utilizam os pontos de ligação à rede apenas durante uma parte do dia. Isto vai permitir o aparecimento de soluções híbridas (eólico, hídrico) que aproveitem o mesmo ponto de ligação nas horas ociosas do solar para injetar na rede ou armazenar energia permitindo uma melhor adequação do sistema elétrico aos desafios da transição energética, nas suas mais variadas vertentes [3]. Assim, o armazenamento permite transferir as disponibilidades energéticas das horas de produção para as horas onde não há produção ou onde há maiores solicitações, equilibrando os fluxos nas redes de transporte e distribuição.

A medição dos impactos do armazenamento nas emissões dos GEE não é tão direta quanto nos ativos eólicos e solares [5]. Terá que ser usada uma métrica adequada para os investidores considerarem em projetos de armazenamento que atuam em mercados com preços de carbono [5].

Saliente-se ainda que existe uma Associação Europeia de Armazenamento de Energia (EASE, da sigla em inglês), estabelecida em 2011, que pretende apoiar o desenvolvimento do armazenamento de energia para uma transição eficaz e acessível para um sistema energético resiliente de baixo carbono e seguro [6].

2. Situação do armazenamento em Portugal

São em seguida apresentadas algumas das soluções tecnológicas já em utilização no nosso país ou com projetos de desenvolvimento.

2.1 Armazenamento por bombagem hidroelétrica

A bombagem hidroelétrica é uma das formas mais comuns e a única em larga escala existente em Portugal para o armazenamento de energia. Portugal conta com 13 centrais com bombagem totalizando 2,7 GW de potência instalada em turbinas reversíveis. O processo envolve a transferência da água de um reservatório inferior para outro superior (com maior elevação) geralmente através de turbinas-bomba reversíveis. Normalmente

o sistema envolve a construção de um paredão secundário a jusante da barragem, que acumula a água libertada na turbinação. Em alturas em que a produção excede o consumo, o sistema utiliza o excedente de energia para bombear água de volta para a albufeira superior, onde poderá ser de novo utilizada para gerar energia quando necessário [7]. A bombagem reversa depende da disponibilidade dos recursos hídricos que são sensíveis aos impactos das alterações climáticas, mas tem eficiências na ordem dos 70-80% [8].

Os sistemas de bombagem apresentam atualmente uma grande flexibilidade de operação, podendo reagir rapidamente a variações do consumo ou da produção, em particular no caso da produção eólica, aquela que apresenta maiores características de variabilidade e, simultaneamente, disponibilizando um serviço adicional que consiste na capacidade de compensação de desvios em relação às previsões, o que se traduz numa valia acrescida, em particular para sistemas onde a componente eólica é significativa, como é o caso de Portugal [9].

Neste caso a eletricidade consumida para a bombagem da água pode ser a obtida utilizando excessos de produção de sistemas renováveis intermitentes ou outros.

Com base em dados da DGEG/DSPEE, dos últimos 10 anos disponíveis, relativos aos valores de bombagem hidroelétrica e por cálculo com base num fator de conversão de 78%, foi possível construir a tabela seguinte, onde se pode verificar a quantidade de armazenamento via bombagem hidroelétrica, em GWh, conseguida em Portugal neste período de tempo.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Bombagem hidroelétrica (GWh)	929	512	737	1331	1459	1081	1469	1520	2224	1583
Produção hídrica estimada (GWh)	725	399	575	1038	1138	843	1146	1186	1735	1235

Tabela 1 Disponibilidade de energia elétrica para consumo no período 2009-2018.

Neste domínio é de assinalar a maior barragem portuguesa a nível de capacidade de produção que está a ser construída na bacia hidrográfica do rio Tâmega, sendo a primeira que pode armazenar energia excedentária da produção eólica. Neste caso, a instalação de bombagem de aproveitamento hidroelétrico de Gouvães (880 MW) faz uma ligação com o reservatório de Daivões, bombeando e turbinando água de uma albufeira para a outra consoante necessário. Isto equivale a um armazenamento de energia suficiente para fornecer a zona metropolitana do Porto durante 24 horas [2][5].



Figura 1 Barragem em descarga [Chalisa jirutchok / CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)]

2.2 Armazenamento em baterias

As baterias são uma tecnologia eletroquímica de armazenamento de energia, existindo vários tipos (chumbo-ácido, ião de lítio, de fluxo, sulfureto de sódio, entre outros). Estas podem ser utilizadas como suporte de sistemas de produção de eletricidade [1][4]. As baterias possuem uma grande flexibilidade de resposta não só a nível da dimensão do sistema, como também nos tempos de resposta [2].

A este nível, é de referir que a Cátedra de Energias Renováveis da Universidade de Évora tem uma bateria de fluxo de vanádio em operação intensiva desde 2014 [8].

Uma das empresas comercializadoras de eletricidade anunciou a instalação do seu maior parque solar fotovoltaico com armazenamento de energia em Portugal. Esta empresa fez um acordo com um fabricante global de baterias para a instalação de duas unidades de produção solar fotovoltaica para autoconsumo com uma capacidade total de 3,8 MWp [10].

A mesma empresa tinha instalado, no final de 2015, a primeira solução de armazenamento de energia elétrica ligada à rede em média tensão, utilizando baterias estacionárias de iões de lítio, com uma potência de 472 kW e uma capacidade de armazenamento de 360 kWh [11].

No recente procedimento concursal para atribuição de título de receção de capacidade (TRC) destinado a centrais solares fotovoltaicas, com a potência global de 700 MW, concluído no final de agosto de 2020, as propostas vencedoras têm associadas soluções de armazenamento em baterias de 100 MW.



Figura 2 Sistema de baterias [Yo-Co-Man / CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)]

2.3 Armazenamento em hidrogénio

Um sistema destes baseia-se em três componentes base: um eletrolisador que "remove" o hidrogénio a partir de água, um tanque de armazenamento e uma pilha de combustível (gerador) que usa o hidrogénio para gerar eletricidade [4], para incorporar em gás natural que, posteriormente, poderá alimentar centrais termoelétricas [12], ou ainda para uma possível produção de hidrocarbonetos por reação com dióxido de carbono.

Neste domínio, está a ser considerado um grande investimento para a produção do hidrogénio verde (1 GW, 3,5 mil milhões €, 5000 postos de trabalho), na zona de Sines, associados ao complexo industrial e ao porto, que inclui um terminal de GNL [2][13]. O projeto, que envolve várias empresas, visa a produção em território nacional de hidrogénio verde, a partir de fontes renováveis, nomeadamente por via fotovoltaica, tem uma componente de exportação para os Países Baixos. Prevê-se uma capacidade de produção de 465 mil toneladas de hidrogénio por ano.

No final do ano passado, a EDP anunciou [12] que quer testar (demonstração) a produção de hidrogénio para injetar no gás natural que alimenta



Figura 3 Esfera de armazenamento de hidrogénio líquido [TomFawls / CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]

a central termoelétrica de ciclo combinado do Ribatejo. Embora inicialmente preveja a utilização de energia elétrica da rede para a produção do hidrogénio, que tem uma grande componente renovável (> 50%), vai também estudar a viabilidade de o fazer através de via eólica *offshore* [12]. Numa primeira fase irá ser utilizado um eletrolisador de 1 MW havendo capacidade de armazenar de 12 MWh, num investimento de 2 milhões €, no âmbito de um consórcio internacional [12].

Existem ainda perspetivas de projetos no domínio da tecnologia de concentração solar termo-eletoquímica para a produção de hidrogénio verde, num TRL de realização de prova de conceito com protótipo à escala pré-comercial.

2.4 Armazenamento em ar comprimido

O armazenamento de energia em ar comprimido é efetuado usualmente em reservatórios geológicos (cavernas, minas). Também aqui a eletricidade excedentária produzida alimenta compressores que injetam ar nestes reservatórios, ar esse que pode posteriormente ser utilizado para acionar turbinas. Existem já algumas instalações de larga escala a funcionar em algumas partes do mundo [4], por exemplo em grandes cavernas subterrâneas de sal. Para que o armazenamento em ar comprimido possa ser viável, importa garantir que existe potencial de escala. O mínimo desejável para garantir a viabilidade do projeto, implica mais de 100 MW de potência e isso só deverá ser possível em formações geológicas existentes ou cavernas [14].

Existe outra abordagem diferente e, aparentemente, mais eficiente ao processo. Nesta, o ar é comprimido e bombeado, mas tal é efetuado em tubagens do mesmo tipo das que são usadas para o gás natural, podendo a tecnologia ser usada em mais sítios, ao invés de apenas onde há uma formação subterrânea disponível, com maior mercado potencial. [13]. Para além de aumentar a possibilidade de utilização desta tecnologia, esta



Figura 4. Formação geológica subterrânea [Chmee2 / CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)]

abordagem permite também aproveitar troços de gasodutos ou oleodutos que não estejam em exploração.

Será necessário fazer um levantamento desses reservatórios geológicos à escala nacional e foram já dados alguns passos nesse sentido.

Um trabalho prospetivo foi apresentado numa dissertação de mestrado de 2013 [15] em que foi verificada a compatibilidade geográfica entre as estruturas geológicas de Portugal com aptidão para um sistema de armazenamento de energia por ar comprimido e a produção de energia por fontes renováveis, utilizando uma ferramenta de *software*. Da integração dos parâmetros avaliados foi obtida uma área a Norte de Rio Maior como localização adequada à instalação de uma central deste tipo. A estrutura salífera identificada tem a profundidade e espessura necessárias para instalar cavidades com dimensão considerável e a sua constituição aparenta ser apta para a formação cavidades por dissolução.

Numa outra dissertação de 2015 [16] estudou-se uma localização na zona da Marinha Grande, tendo-se considerado um reservatório pode armazenar 0,106 km³ de ar pressurizado a 61,64 bar e produzir 331,7 MWh de energia através de 7 poços verticais, com um custo associado de cerca de 34 milhões de euros.

2.5 Armazenamento térmico

Neste domínio utilizam-se transformações físicas e/ou químicas de materiais com as correspondentes variações de calor. Em associação ao sistema eletroprodutor, tal tipo de armazenamento, neste momento, em Portugal, está numa fase experimental e de demonstração. Refira-se a Évora *Molten Salt Platform*, instalação onde serão estudadas soluções de armazenamento térmico a alta temperatura em sais fundidos, entre outras, numa infraestrutura de concentração solar com tecnologia parabólica linear, a inaugurar em 2021.

Discussão e conclusões

Embora existam várias tecnologias de armazenamento, verifica-se a nível europeu que a sua implementação não é servida por um quadro regulamentar adequado, pelo que existe um desafio de desenvolver políticas que apoiem esta implementação [3].

Os sistemas de armazenamento são imprescindíveis para os sistemas e os agentes de planeamento do fornecimento de eletricidade, mas encontram especial interesse em zonas geograficamente autónomas, como as ilhas [4], o que no caso de Portugal se aplica nas Regiões autónomas da Madeira e dos Açores, mas também em ilhas ao longo da costa continental como as Berlengas ou as ilhas da Ria Formosa.

Saliente-se que para além do custo do sistema de armazenamento é necessário também considerar a eficiência do ciclo, devido às perdas de energia durante o processo de armazenamento e na posterior conversão da energia armazenada em eletricidade [4]. Por exemplo, a eficiência do ciclo para o hidrogénio é baixa, mas novos sistemas de produção de hidrogénio “verde” poderão vir a ultrapassar esta dificuldade. No entanto, apesar da baixa eficiência de ciclo do armazenamento em hidrogénio, pode haver interesse em aplicações *off-grid* [4], para além do uso do hidrogénio a nível da mobilidade.

Algumas soluções de armazenamento são geograficamente específicas, como é, por exemplo, o caso do armazenamento em ar comprimido em cavernas de sal e da bombagem hidroelétrica, tendo que ser encontradas localizações adequadas com as características necessárias. Por isso, as tecnologias de armazenamento a ar comprimido devem fazer parte do conjunto de soluções que importa acompanhar, assim como validar a sua maturidade para uma eventual aplicação em Portugal [13].

Os projetos de armazenamento comercial podem ser complexos, mas os riscos podem ser geridos adequadamente [5]. A nível do armazenamento hidroelétrico, uma solução de transvases entre bacias hidrográficas com maior pluviosidade ou excesso de água, para outras bacias com maior deficit hídrico e infraestruturas mais carenciadas poderia ser também um contributo a considerar.

A nível político refira-se o apoio a algumas destas soluções. Por exemplo, o ministro do Ambiente e da Ação Climática defendeu o fomento de uma dinâmica de mercado que incentive a incorporação de gases renováveis na economia, com ênfase no hidrogénio [13].

Concluindo, no contexto atual das redes elétricas, que enfrenta desafios exigentes, desde a liberalização do mercado, a crescente penetração de produção distribuída, o aparecimento do regime de autoconsumo, o advento da mobilidade elétrica, a flexibilidade na procura até ao papel cada vez mais ativo dos clientes das redes, é reforçada a necessidade de adoção de estratégias e tecnologias diferentes na gestão da rede de distribuição, situação em que o armazenamento de energia desempenhará um papel importante [11].

Referências

- [1] Pereira, R., *Uma visão geral sobre o armazenamento de energia elétrica*, Renováveis Magazine, nº 31, 2017, p. 27-31.
- [2] Jorge, P.A., Serôdio, S., Lacerda, M., *O estado da arte e o mercado em Portugal*, Renováveis Magazine, nº 42, 2020, p. 30-31.
- [3] Becker, B., *Desafios e oportunidades para o armazenamento de energia na Europa*, Renováveis Magazine, nº 31, 2017, p. 32-33.
- [4] IRENA, *Electricity Storage and Renewables for Island Power – A guide for decision makers*, Abu Dhabi, 2012.
- [5] Warshey, B., *7 lições aprendidas de projetos de armazenamento de energia comercial*, Renováveis Magazine, nº 42, 2020, p. 23-24.
- [6] <https://ease-storage.eu/about-ease/who-we-are/> acedido em 18-02-2020.
- [7] www.itinsight.pt/news/inovacao/iberdrola-constroi-a-maior-barra-gem-portuguesa acedido em 21-02-2020.
- [8] Horta, P. et al., *Armazenamento de energia: tecnologias e abordagens para a transição energética*, Renováveis Magazine, nº 42, 2020, p. 26-28.
- [9] <http://connect.inesctec.pt/events-pt/o-que-e-a-bombagem-hidroelettrica-e-quais-os-seus-beneficios>, acedido em 25-08-2020.
- [10] www.edp.com/en/404/pt-pt/2019/04/09/edp-instala-o-seu-maior-parque-solar-com-armazenamento-de-energia-do-pais acedido em 11-02-2020.
- [11] www.edpdistribuicao.pt/pt-pt/armazenamento-de-energia acedido em 21-02-2020.
- [12] <https://expresso.pt/economia/2019-12-11-EDP-avanca-com-dois-projetos-inovadores-para-produzir-hidrogenio> acedido em 21-02-2020.
- [13] <https://jornaleconomico.sapo.pt/noticias/central-de-hidrogenio-de-sines-implica-investimento-de-35-mil-milhoes-537147> acedido em 20-02-2020.
- [14] <https://ambienteonline.pt/canal/detalhe/colunista-filipe-vasconcelos-energia--tecnologia-armazenamento-de-energia-a-ar-comprimido> acedido em 21-02-2020.
- [15] Cavaco L. E., *Definição de reservatórios geológicos para armazenamento de energia em ar comprimido e sinergias com produção de energia*, Dissertação de Mestrado em Energia e Ambiente, universidade de Évora, 2013.
- [16] Carneiro, J. F., *Características hidrogeológicas de meios porosos para armazenamento de energia sob a forma de ar comprimido*, Dissertação de Mestrado em Energia e Ambiente, Universidade de Évora, 2015. [tm](#)

coeptum produza a sua energia

PME líder 19 Especialistas em equipamentos e soluções de produção e autoconsumo fotovoltaico

www.coeptum.pt info@coeptum.pt +351 253 813 209 Rua da Demanda, 198, 4740-023 Gandra, Esposende, Portugal

ficsol APsystems SUNGROW Fronius SOLAX POWER
PEIMAR VSUN Panasonic Q CELLS ZN SHINESOLAR