

Sistemas de Armazenamento de Energia

Alisson Henrique Duarte França de Mendonça
Departamento de Engenharia Elétrica
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
Recife-PE
ahdfm@poli.br

Resumo — A sociedade global se depara com diversos desafios para a perpetuação da sua existência, um dos desafios que permeiam os séculos é sua necessidade energética, pois demanda cada vez mais energia para ser aplicada nas mais diversas situações do cotidiano.

Por muito tempo, a geração de energia estava concentrada em algumas poucas formas de geração, por exemplo hidroelétricas e termoeletricas, entretanto a inserção de novas e outras tecnologias de geração, sistemas de armazenamento de energia e eletrônica de potência possibilitaram o surgimento da geração de energia descentralizada. Tal descentralização trouxe um novo desafio para o sistema elétrico: gerar energia de forma descentralizada sem que a qualidade de energia elétrica seja prejudicada.

Algumas das partes fundamentais para essa descentralização da geração de energia no sistema elétrico são os sistemas de armazenamento de energias e eletrônica de potência para regular a qualidade da energia gerada. Tais sistemas de armazenamento possibilitam que o usuário possa gerar energia localmente, quando for possível, pertinente e consumir tal energia quando necessário. Podemos destacar, por exemplo, algumas tecnologias de armazenamento como Baterias de Íon Lítio, e Super Capacitores.

Palavras-chaves — Armazenamento, Sistema Elétrico, Qualidade de Energia, Energia.

I. INTRODUÇÃO

A sociedade global é dependente de algumas formas de armazenamentos de energia, como por exemplo o armazenamento de energia potencial gravitacional em hidroelétricas. A necessidade energética da sociedade para as mais diversas funções e aplicações, enseja novas formas, otimizações e estudos de tais sistemas a fim de contribuir para o atendimento das demandas sociais e industriais do dia a dia.

Os Sistemas de Armazenamento de Energia são sistemas pensados, assim como, projetados para que se possa armazenar um montante de energia gerada e acessar posteriormente essa energia sob a demanda necessária de um sistema a ser alimentado.

É de fundamental importância que se conheça os tipos de Sistemas de Armazenamento de Energia, suas características, e indicadores fundamentais - como Ampére-hora, quilo Watt-hora, entre outros- para aplicações práticas visto que

dependendo das necessidades de projeto pode-se escolher dentre as diversas tecnologias a mais adequadas.

A. Visão Geral Sobre necessidade Energética

1) Necessidade Energética: A sociedade, principalmente a moderna, sempre buscou formas para acessar o potencial energético da natureza a fim de usá-la a seu favor. Seja, por exemplo, expor água do mar a luz do sol para que a energia na forma calor possa evaporar a água e deixar o sal. Onde tal sal poderia ser usado na conservação dos alimentos ou por exemplo usar o vapor de algum fluido para rotacionar trituradores de milho.

Como sociedade necessitamos de energia das mais diversas formas, para as mais diversas aplicações como: transporte, alimentação, sistemas de segurança, saúde, entre outros. Dessa forma nos utilizamos de fenômenos e forças que potencialmente podem nos ceder a energia intrínseca neles, como exemplo a energia potencial gravitacional contida nas águas das usinas hidroelétricas.

II) Demandas energéticas: Ao passar dos anos, junto a evolução tecnológica, as demandas por energia aumentam próxima a uma função exponencial e tal fato culmina na necessidade de acessar mais energia potencial da natureza a fim de atender as demandas vigentes e futuras da sociedade global. Sobre a demanda atual global, o ideal é que toda a energia demanda seja suprida por tecnologias que acessam a energia da natureza e a transforma em energia útil para as mais diversas aplicações. Entretanto há muitas outras variáveis para atender tal requisição, como: impacto ambiental direto e indireto, viabilidade técnica e econômica, eficiência energética, ocupação, deterioração dos materiais e descartes, impactos sociais e na saúde dos agentes, entre outros.

B. Sistema elétrico e Armazenamento de Energia

1) Sistema Elétrico Atual Geral: Comparativamente ao sistema elétrico mais antigo, Vide Fig. 1, onde a matriz energética era basicamente focada em hidroelétricas,

termoelétricas e usinas nucleares, atualmente há o crescimento vertiginoso das chamadas Geração Distribuídas que acrescentam mais energia ao sistema elétrico de potência, descentralização da matriz energética, possibilidade de geração realizada no local de consumo, controle mais rápido da potência (visto que a maioria dos geradores e armazenadores são dependentes de eletrônica de potência) entre outros benefícios.

Além dos diversos benefícios citados, há novos desafios que derivam dessa geração distribuída, como exemplo intermitência da geração distribuída, inserção de ruídos nos sistemas devido aos aparelhos de eletrônica de potência, em específico a alteração da qualidade de energia elétrica fornecida, entre outras problemáticas.

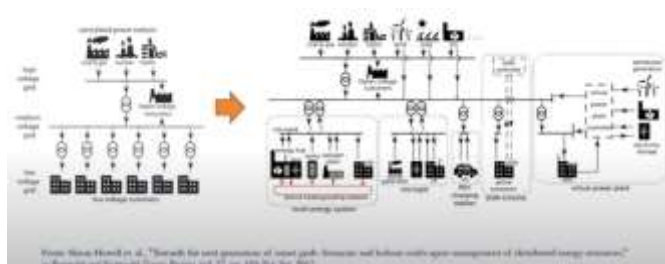


Fig. 1. Configuração do Novo Sistema Elétrico.

II) *Armazenamento de energia e suas tecnologias:* Uma vez que geração de energia consegue fornecer energia a um sistema, cabe a este sistema consumi-la. Entretanto nem sempre um sistema ou equipamento está disponível para tal. É por esse motivo que há a necessidade de armazenar a energia, principalmente a elétrica, para quando os sistemas ou equipamentos estejam disponíveis possam realizar o consumo energético.

Pode-se utilizar diversas tecnologias já conhecidas, dependendo das necessidades de aplicação, para armazenar a energia gerada por uma fonte potencial energética e no momento oportuno disponibilizá-la aos sistemas e equipamentos.

Basicamente, todas as formas de armazenamento de energia consistem em armazenar a energia sob alguma forma potencial de energia, como: Energia potencial Elétrica, Magnética, Gravitacional, entre outras. Conforme Fig. 2, pode-se ver as mais diversas formas de tecnologias para armazenar energia em uma forma potencial. Também se tem um gráfico demonstrando a distribuição de armazenamento energético em cada país e uma previsão até 2040 segundo a BloombergNEF.

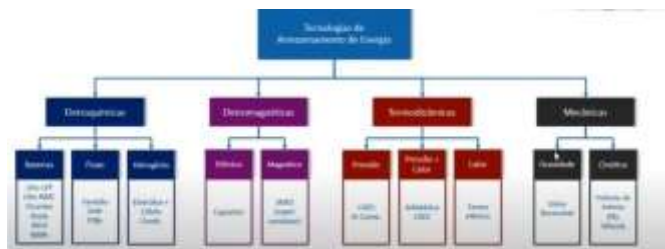


Fig. 2. Configuração do Novo Sistema Elétrico.



Fig. 3. Instalação de Armazenamento de Energia pelo mundo

II. TIPOS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Por ser uma tecnologia em constante evolução, o processo de armazenamento se transformou bastante durante os anos. Assim, será discorrido sobre os principais e mais utilizados meios atualmente por terem uma maior relevância.

A. Bombeamento Hidrelétrico

O processo de bombeamento é um dos mais utilizados para geração solar e eólica em grande escala. Essa técnica funciona a partir do carregamento de baterias pelo movimento de água sendo bombeada. Geralmente é utilizada parte, ou em alguns casos até por completo, da energia gerada pelo sistema principal para alimentar o processo. Na Fig. 4 encontra-se um exemplo.



Fig. 4. Esquema de uma usina hidráulica reversível combinada com energia solar.

Por envolver várias etapas, esse tipo de armazenamento acarreta numa perda de eficiência energética, contudo os seus benefícios geralmente se sobrepõem a este fator. “O bombeamento de água para reservatórios de usinas hidrelétricas é um processo com eficiência de cerca de 80% [5]. Apesar de menos eficiente do que as baterias eletroquímicas, o armazenamento com bombeamento de água está disponível em grande escala e pode permitir a penetração massiva das fontes solar e eólica nos sistemas elétricos.” [3]

É uma tecnologia que vem crescendo bastante em termos de utilização. Segundo a IEA (International Energy Agency, Agência Internacional de Energia), em 2019, no total em todo o mundo existem 127 GW de usinas hidrelétricas reversíveis, o que representava 99% de toda a potência global de armazenamento. Essa mesma agência estima que em 2050 deve-se chegar a 309 GW de potência em usinas hidrelétricas

reversíveis associadas a fontes renováveis. Esse valor atualmente é 1267 GW.



Fig. 5. Usina hidráulica reversível em Los Angeles, Califórnia.

B. Armazenamento de Ar Comprimido

Nesta tecnologia são utilizadas cavernas ou instalações subterrâneas para armazenamento de ar em alta pressão. Quando ocorre a demanda energética, esse ar é aquecido e utilizado para movimentação de turbinas exteriores assim completando o processo. Vide esquema na Fig. 6.

Apesar de ter uma grande capacidade de geração, por ser tratar de um processo com alto custo e tempo de instalação não é muito utilizado. “Sistemas de reserva por ar comprimido podem ser utilizados em grandes escalas, com pressões atingindo 70ATM e capacidades variando de 25 a 350MW. Seu período de armazenamento pode ser bastante grande, podendo ultrapassar um ano” [4].

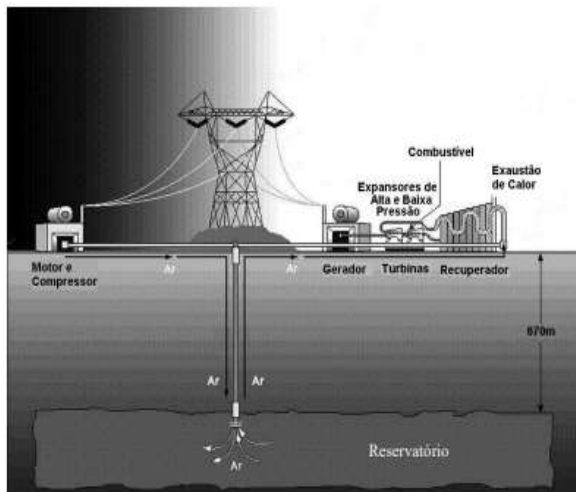


Fig. 6. Esquema de sistema de armazenamento por ar comprimido.

C. Armazenamento Térmico

Esta tecnologia embasa-se na ideia de acumular energia em materiais que permitam retê-la e liberá-la de forma controlada. Este processo pode ser realizado por meio de

métodos que incluem desde refrigeração com acumulação de gelo até a exposição a temperaturas extremamente elevadas.

Um tipo importante de armazenamento térmico é o conhecido como criogênico, que consiste na implementação de nitrogênio líquido. Nele o ar liquefeito é armazenado em um tanque e quando necessário é convertido ao estado gasoso através da exposição ao ar ambiente ou do calor gerado em processos industriais e usado para girar uma turbina, gerando eletricidade. [5]



Fig. 7. Planta-piloto de armazenamento criogênico na universidade de Birmingham

D. Supercondensadores

O conceito de Supercondensador não é novo, foi inicialmente estabelecido no início do século XIX, mas foram necessários mais 150 para que se estabelecessem comercialmente devido às limitações tecnológicas da época. Neles são colocadas duas placas com cargas opostas envolvidas em meio dielétrico. Assim, com o tempo, as placas se carregam, armazenando a eletricidade, porém não irão conduzir entre si.

Estes dispositivos se situam entre as baterias e os condensadores convencionais pois ao nível do armazenamento de energia têm menor capacidade do que as baterias, mas com uma maior taxa de descarga assim aproximando-se dos condensadores convencionais. São amplamente utilizados em veículos de grande porte tal qual submarinos e tanques de guerra como substitutos das baterias convencionais. [6]

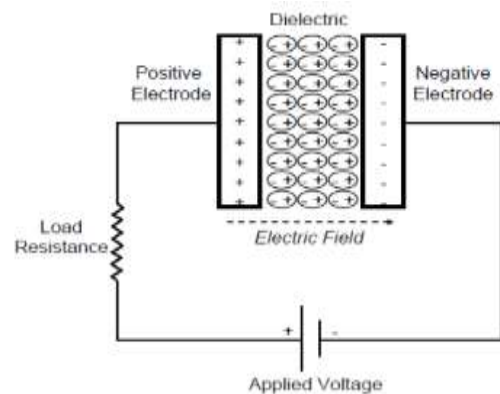


Fig. 8. Esquema geral de um condensador

E. Volantes de Inércia

Os valores de inércia, ou flywheel como são mais conhecidos, armazenam energia com base no princípio de massa giratória. É um dispositivo de armazenamento mecânico que emula o armazenamento de energia elétrica, convertendo-a em energia mecânica. A energia em um flywheel é armazenada na forma de energia cinética rotacional. A energia de entrada para o FESS é normalmente retirada de uma fonte elétrica proveniente da rede ou de qualquer outra fonte de energia elétrica.

O flywheel acelera à medida que armazena energia e desacelera quando está descarregando, para fornecer a energia acumulada. O volante giratório é acionado por um motor-gerador elétrico realizando a troca de energia elétrica para energia mecânica e vice-versa. O volante e o motor estão coaxialmente conectados, indicando que o controle do motor permite o controle do flywheel.

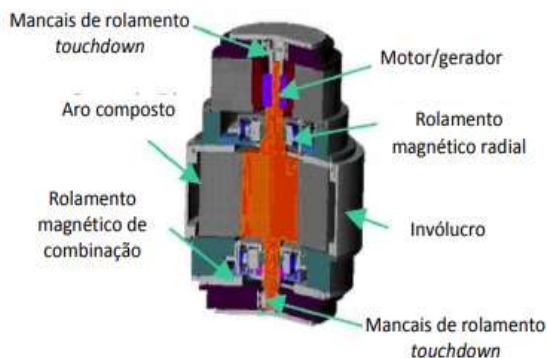


Fig. 9. Visão em corte do sistema Flywheel

Seu grau de utilização varia bastante com o passar dos anos. “Apesar dos grandes desenvolvimentos durante seus estágios iniciais, a utilização de flywheels não foi significativa e diminuiu com o desenvolvimento da rede elétrica. No entanto, devido as recentes melhorias em materiais, rolamentos magnéticos, eletrônica de potência e a introdução de máquinas elétricas de alta velocidade, a FESS se estabeleceu como uma opção sólida para armazenamento de energia” [7]

F. Baterias

Baterias são dispositivos de armazenamento elétrico por meio de reações químicas. O funcionamento das baterias se assemelha bastante entre si. Como exemplo, tem-se o da de lítio.

“O princípio de funcionamento das baterias de íon lítio baseia-se no fenômeno de intercalação iônica. Este fenômeno é descrito pela difusão dos íons de lítio (Li^+) através da rede cristalina tanto do catodo como do anodo, com a diferença que quando intercala em um, deintercala do outro, e vice-versa. A intercalação de um Li^+ num eletrodo requer, obrigatoriamente, para manter sua neutralidade, a intercalação de um elétron. O eletrodo que recebe o íon intercalante e consequentemente um elétron é reduzido, enquanto o outro eletrodo que cede o íon intercalante e consequentemente um elétron é oxidado.” [8]

São desenvolvidas em diversas proporções e capacidades, assim, devido a essa variedade, são utilizadas em múltiplos

meios. Desde automóveis à combustão, elétricos e pequenos aviões de teste à celulares e dispositivos eletrônicos diversos.

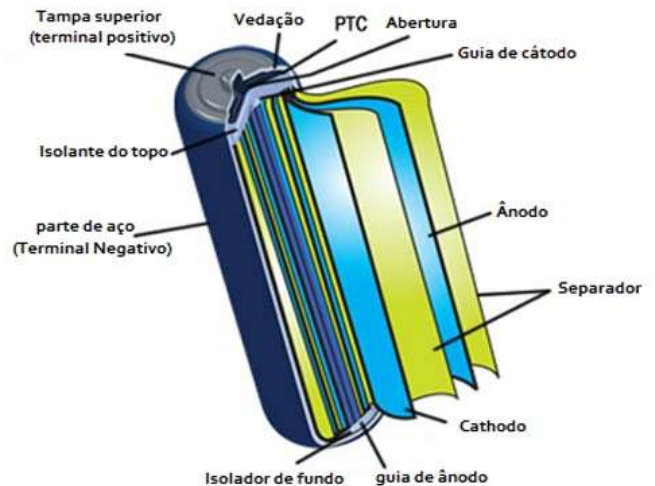


Fig. 10. Componentes de uma bateria de lítio

G. Pilhas de combustível

As pilhas de combustível têm um funcionamento bem semelhante a uma bateria, gerando eletricidade com a combinação de hidrogênio e oxigênio sem combustão através de um processo eletroquímico. A principal diferença é que as pilhas de combustível não necessitam de recarga nem se acabam. Começam a produzir assim que são alimentadas com hidrogênio e oxigênio, geralmente provido pelo ar, tendo como único subproduto a água.

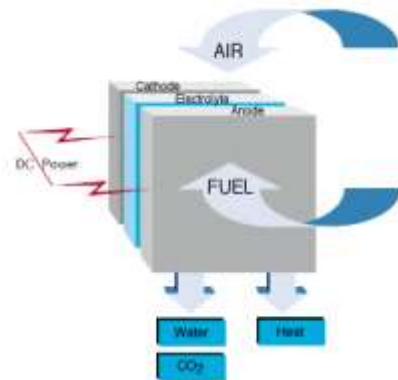


Fig. 11. Sistema de uma pilha de combustível

A maioria das pilhas requerem hidrogênio como combustível, porém também existem modelos à gás natural, biogás, entre outros. Apesar de seus benefícios, o desenvolvimento destes dispositivos tem sido lento se comparado a tecnologias competentes.

“Esses dispositivos podem ter diferentes tamanhos consoante o fim a que se destinam, podem produzir pequenas quantidades de potência elétrica para alimentar computadores, rádios portáteis, ou então, grandes potências elétricas destinadas a servir estações elétricas.” [9]

III. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de armazenamento de energia e seu desenvolvimento são peças fundamentais para a evolução dos processos elétricos. A partir do seu estudo foi possível demonstrar como a variedade de aplicações e modos abre portas para dispositivos que dependam de eletricidade para seu funcionamento.

É um tópico que está em constante progresso, porém ainda com grande margem para avanço. E com essa evolução espera-se que os meios revolucionem ainda mais a indústria com cada vez mais eficiência, praticidade e aprimoramento de performance.

IV. REFERÊNCIAS

- [1] A.Rufer, “Energy Storage: Systems and components,” *CRC Taylor & Francis Group*, 2018.
- [2] Shaun Howeel et al, “Towards the next generation of smartgrid: Semantic and holonic multi-agent management of distributed energy resource,” in *Renamable and sustainable Energy Reviews*, Vol77, pp.193-214, Set. 2017.
- [3] Mateus Vinturini, “Armazenamento de energia com usinas hidrelétricas reversíveis”, Canal Solar, Mar. 2021
- [4] Lucas Montado Pasquali, “Estudo sobre a influência da reservação hidráulica em sistemas de geração eólica isolados”, UFRGS, Abr. 2006.
- [5] Felipe Freire, “O que são os sistemas de armazenamento de energia?”, disponível em: <https://shareenergy.com.br/o-que-e-sistema-de-armazenamento-de-energia>, acesso em Abr. 2021.
- [6] Nuno Pessanha Santos, “Supercondensadores - O que são? Como Funcionam?”, Instituto para Ciências e Robótica – Universidade de Lisboa, Jan. 2013.
- [7] Mustafa E. Amiryar e Keith R. Pullen, “A Review of Flywheel Energy Storage System Technologies and Their Applications”, School of Mathematics, Computer Science and Engineering - University of London, Mar. 2017
- [8] Luciana Gomes Chagas, Alexandre Urbano e Jair Scarminio “Princípios Físicos e Químicos de Baterias de Íon Lítio”, Departamento de Física, UEL, acesso em Abr. 2021.
- [9] Laura Martins, “Apontamentos: Pilhas de Combustível”, FEUP – DEEC, acesso em Abr. 2021.