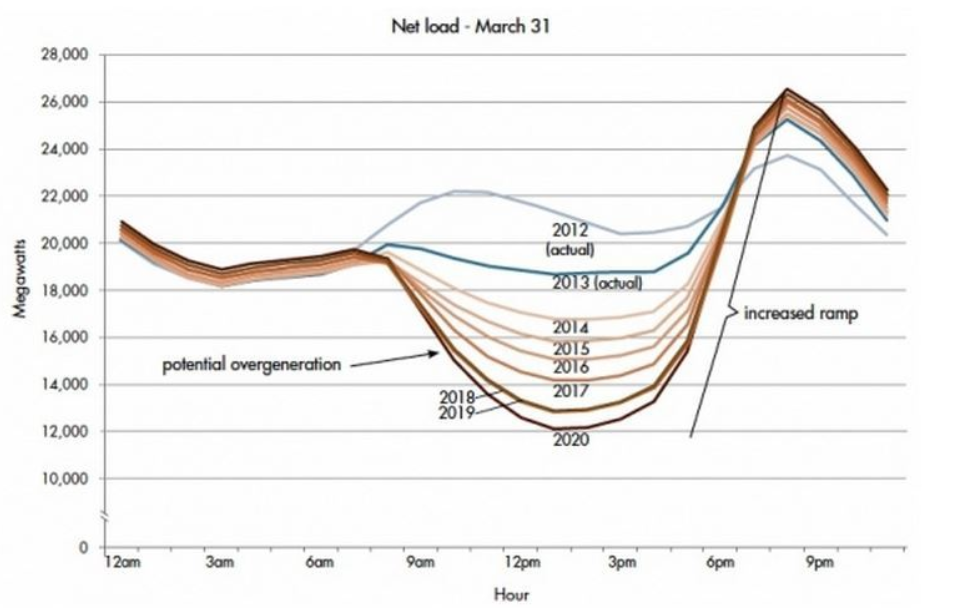


**Custos Nivelados para Armazenamento de Energia Elétrica**

As maiores críticas das energias eólica e solar já de algum tempo vêm sendo a questão de sua variabilidade quanto à integração aos sistemas elétricos. Por estas criticas, o sol brilha somente durante o dia e os ventos não sopram durante 24 horas; consequentemente não se pode contar com uma base sólida para tais fontes e sua variabilidade pode tornar muito mais dificil a operação dos sistemas elétricos. Como solucão, estas energias renováveis baratas e abundantes necessitam ser movidas do instante em que são produzidas para o momento em que serão efetivamente necessárias. A resposta encontra-se no armazenamento de energia o qual vem se tornando um grande negócio. Para se entender a dificuldade operacional introduzida aos sistemas elétricos pelas energias variáveis, mostra-se a seguir na Figura 1 a famosa “curva do pato” com a curva típica da energia solar, no estado da California - EE.UU, desde 2012 , indicando a extrema depressão ( supergeração potencial) da carga liquida diária.

**Figura 1 – “Curva do Pato” da California -EE.UU**



A “curva do pato”( forma semelhante ao perfil de um pato!) acima mostra a carga elétrica do Sistema do Operador Independente da California- ISO/USA, num dia mediano de primavera. As linhas indicam a carga liquida da rede ou seja, a demanda por eletricidade menos o suprimento de energia renovável, com cada linha representando um ano diferente, desde 2012 até 2020. Vê-se que a demanda de energia atinge picos entre 6,00 e 9,00 horas e durante a tarde de 18,00 até 21,00 horas. Em outras palavras, as pessoas necessitam de mais energia pela manhã quando se preparam para ir para a escola ou para o trabalho e quando retornam à tarde.

Observando-se as linhas de 2012 a 2017, vê-se que a linha de 2012 é bem mais suave do que a de 2017. Isto porque a alimentação de suprimento de energia renovável ainda não havia sido introduzida; à medida que a integração da energia solar vai acontecendo lentamente, a demanda por eletricidade a partir da rede vai se tornando cada vez menor. Entretanto, a fonte de energia renovável não é suficiente para atender inteiramente à demanda, especialmente nas horas de pico. Assim a rede elétrica é utilizada para suprir o déficit o que pode ser algumas vezes bem problemático.

Segundo a curva, a energia solar opera melhor durante as horas brilhantes do dia, fazendo a demanda por energia reduzir-se drasticamente; isto é a “barriga do pato” ou o ponto mais baixo da demanda. Quando o sol se põe a demanda começa rapidamente a crescer à medida em que a população volta para suas casas às 18,00 horas. Não há energia solar suficiente para energizar todos os equipamentos sendo ligados a esta hora, tendo o sistema elétrico que responder a esta alta demanda. Assim, a demanda cresce muito rapidamente ( “pescoço do pato”) atingindo o pico nas horas do entardecer (“cabeça do pato”).

Estes problemas mostrados pela “curva do pato” dizem respeito às mudanças rápidas e fortes de demanda. Com a energia eólica acontece situação parecida pois o vento não sopra continuamente e na maioria das vezes em que acontece, não há correlação com a demanda. Nestas condições para resguardar os sistemas elétricos deve-se prever armazenamento suficiente para estocar esta energia variável superabundante, liberando-a posteriormente quando a demanda se fizer presente.

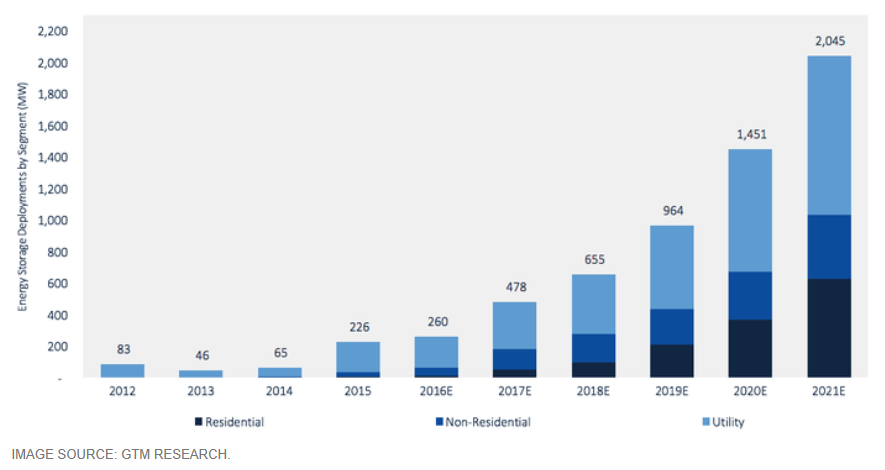
**Classificação dos Sistemas de Armazenamento**

Os sistemas de armazenamento de energia são normalmente classificados tanto em termos de “capacidade instantânea de energia’ como de “produtividade potencial de energia”(energia útil). A capacidade instantânea de energia de um sistema de armazenamento é definida como sendo a saida máxima de energia no conversor ( em MW, kW, etc.) sob condições especificas fisicas e operacionais e a produtividade potencial de energia é definida como sendo a quantidade máxima de energia ( em MWh, kWh, etc.) que o sistema pode armazenar em determinado instante.

O parâmetro usual utilizado pela indústria para cotação de preços dos sistemas de armazenamento é representado pelo custo do capital aplicado ao sistema dividido pela capacidade instantânea de energia e pela produtividade potencial de energia. De acordo com GTM Research as instalações de armazenamento nos Estados Unidos totalizaram 260 MW em 2016, devendo a indústria crescer para 478 MW em 2017 e 2045 MW em 2021 tal como apresentado no Quadro 2 a seguir.

**Quadro 2**

**Evolução da Capacidade de Armazenamento de Energia por Segmento nos EE.UU**



**Comparação de custos de armazenamento**

A comparação de custos de sistemas de armazenamento de energia não é de fácil determinação. Isto se deve ao fato de que as tecnologias de armazenamento mais conhecidas como baterias, usinas reversíveis e ar comprimido têm custos e eficiências diferentes. Apresenta-se resumidamente em seguida o método internacionalmente usado para este cálculo. Para tal comparação utiliza-se o custo nivelado que é determinado pela divisão do custo inicial de implantação do sistema ( CAPEX) pela expectativa de sua vida útil de produção de energia e pela produtividade potencial. À primeira vista as pessoas tendem a considerar apenas o preço de compra do sistema (CAPEX) de armazenamento. Mesmo esta não seria uma decisão trivial, pois se cogitássemos por exemplo a construção de uma usina reversível gastaríamos provavelmente cerca de 8-10 anos desde a decisão inicial de fazer o investimento até o fornecimento do primeiro suprimento de eletricidade, tempo este que consumiria muito investimento. Em diversos cálculos de armazenamento a perda devido a taxa de juros pode ser expressiva. Quando uma empresa decide investir deseja que o retorno do investimento seja superior ao que eventualmente receberia dos bancos. Partindo-se da premissa de que cada investimento gere lucro e esteja submetido a incertezas e riscos deve-se prever uma taxa de juros que possa trazer alguma garantia. Para o cálculo mais preciso do custo de armazenamento de determinado sistema para 1KWh (ou 1 MWh) deve-se conhecer antecipadamente alguns fatores, sendo os mais importantes:

-Preço vigente da eletricidade da ser armazenada;

-A eficiência do sistema de armazenamento;

-O preço de compra do sistema de armazenamento( CAPEX);

-Vida útil do sistema de armazenamento em anos;

-Número de ciclos de armazenamento;

-Taxa de retorno estimada;

-Custos Operacionais ( O&M) (OPEX)

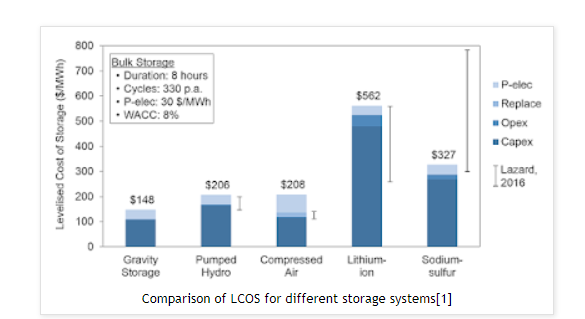
 Com  estes dados coletados, elabora-se um primeiro cálculo inicial simples:

Custo por KWh =

Não obstante a simplicidade que esta formula possa apresentar, ela vai se tornando mais complicada à medida em que futuras receitas e despesas sejam corretamente consideradas sob o ponto de vista financeiro. Assim, por exemplo, o custo do KWh armazenado, em 5 anos pode tornar-se menor do que o estimado, caso se tenha de descontar todos aqueles fatores no futuro. Estes descontos foram compostos numa fórmula mais complexa e com o auxílio de especialistas do Imperial College de Londres, determinaram-se os custos de armazenamento de energia para alguns dos sistemas mais conhecidos do mercado, obtendo-se os resultados indicados a seguir, em €$ Euros/ MWh. Os cálculos elaborados pelo Imperial College foram feitos para taxas de juros de 8% e 4%, respectivamente, podendo-se ver a importância do impacto da taxa de juros neste cálculo pelos Quadros 3 e 4 a seguir:

**Quadro 3**

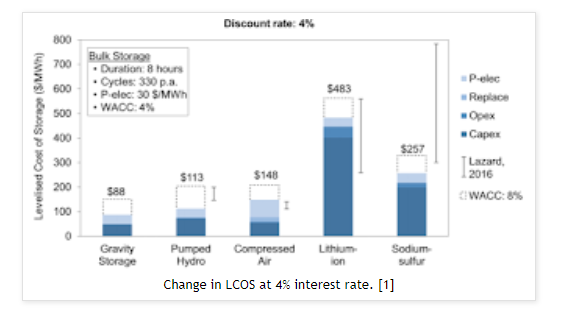
**Comparação de Custos de Armazenamento de Diferentes Sistemas de Armazenamento de Energia – Moeda: Euros ref. julho /2017 ( R$1,00= €$3,65 euros; taxa de juros:8%)**



O Quadro 3 acima mostra que o Armazenamento com Usinas Reversíveis e o Armazenamento com Ar Comprimido têm praticamente o mesmo custo inicial sendo entretanto menor o custo do armazenamento por gravidade ( usinas hidrelétricas com reservatório) porque a sua eficiência é maior.

**Quadro 4**

**Comparação de Custos de Armazenamento de Diferentes Sistemas de Armazenamento de Energia – Moeda: Euros ref. julho /2017 ( R$1,00= €$3,65 euros; taxa de juros:8%)**



Embora todos os demais custos permaneçam imutáveis, os custos de armazenamento de alguns sistemas como as usinas reversíveis são significativamente inferiores. Entretanto, os custos das baterias ainda permanecem relativamente altos. A razão para isto deve-se ao período de construção, ou seja: enquanto os sistemas de baterias podem ser conectados aos sistemas elétricos no período de 1 ano, os demais sistemas com maior período de construção requerem mais investimentos antecipados até que as receitas iniciais possam ser geradas.

Jose Augusto Pimentel Pessôa – Eng. Consultor

Fevereiro de 2019

Referências:

[1] Schmidt, 2017, report: Levelized Cost of Storage. - 2 ,january, 2018, Dienstag

Eingestellt von Eduard Heindl

-The Duck Curve: What is it and what does it mean? – Energy /Alabama