



FASCÍCULO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Por Markus Vlasits*

Capítulo VII

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA - DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA A CADEIA DE SUPRIMENTO DE BATERIAS DE LÍTIO



INTRODUÇÃO

No capítulo 2 deste fascículo, publicado na edição 185, avaliamos as diferentes tecnologias de armazenamento eletroquímico. Traçamos o desenvolvimento e o crescimento das baterias de íons de lítio que dentro de três décadas tornaram-se a tecnologia predominante para o armazenamento eletroquímico de energia elétrica. Abordamos alternativas tecnológicas muito promissoras, tais como baterias íons de metais alternativos (como por exemplo íons de sódio), baterias de fluxo, ar-zinco e outros. Mencionamos também que alguns segmentos do mercado que provavelmente continuarão usando baterias de chumbo-ácido.

A demanda por baterias de íons de lítio, ou de lítio, de forma mais geral, está crescendo muito rapidamente, tendo em vista que estas baterias estão oferecendo uma combinação de características técnicas até então inéditas – elevada vida útil, resistência a taxas elevadas de descarga, e elevada densidade energética (em comparação com outras baterias). Embora seja perfeitamente possível que ao longo dos próximos 10 anos alguma das novas tecnologias mencionadas acima conquistem uma fatia do mercado relevante, no curto e médio prazo baterias de lítio predominarão.

É importante ressaltar que é a mobilidade elétrica que atua como principal promotora do crescimento da demanda por baterias de íons de lítio. Estima-se que, até 2035, 75% da demanda global por baterias seja impulsionada pela mobilidade elétrica, conforme mostra o gráfico a seguir. Dada a vantagem das baterias de lítio com relação à densidade energética, parece pouco provável que carros elétricos adotem uma tecnologia alternativa.



Gráfico 1 – Crescimento de demanda por baterias, por segmento de aplicação. Fonte: Lux Research citado em NewCharge/Greener (Estudo estratégico do mercado de armazenamento).

HISTÓRICO DE PREÇOS DE BATERIAS DE LÍCIO

Desde 2010 os produtores das baterias de íons de lítio têm alcançado uma impressionante redução dos seus custos de produção – o valor baixou de mais de USD 1.000 por kWh de capacidade em 2010 para valores entre USD 100 a 120/kWh em 2019.

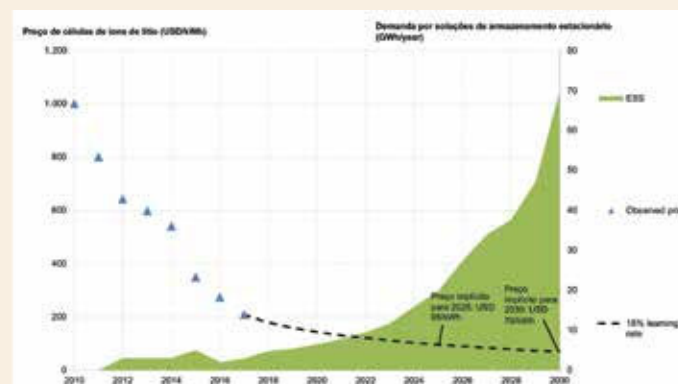


Gráfico 2 – Evolução de preço de baterias de íons de lítio e evolução de demanda por armazenamento estacionário. Fonte: Bloomberg New Energy Finance (citado por Peter Möckel, IFC).

Acontece que a pandemia da Covid-19 provocou grandes transtornos na cadeia global de baterias de íons de lítio, causando um aumento de preços ao longo dos últimos 18 meses. Adicionalmente, o crescimento tanto da mobilidade elétrica, como do armazenamento estacionário tem causado uma escassez de baterias e contribuído para manter o preço de baterias de íons de lítio em patamares elevados. A tendência de alta de preços também se confirma para as principais matérias primas utilizadas para a produção destas baterias – o próprio lítio, também como cobalto, níquel e grafite.

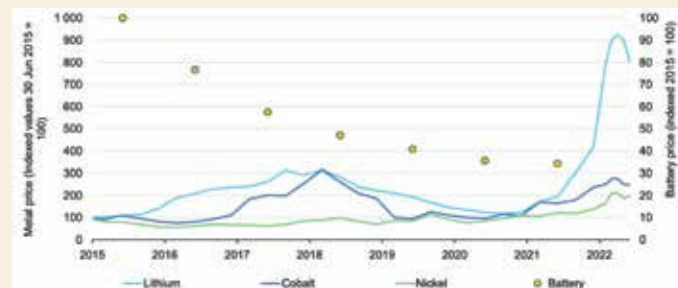


Gráfico 3 – Evolução de preço das principais matérias-primas para baterias de lítio. Fonte: IEA.

No caso do lítio, a alta de preços foi particularmente expressiva. O preço para uma tonelada métrica aumentou de USD 9.000 em dezembro de 2020 para mais de USD 80.000 em outubro 2022. Desde então aconteceu uma certa estabilização dos preços, mas as chances para uma redução substancial são remotas no curto prazo. Diante destas tendências há que se perguntar o que está acontecendo na cadeia global de baterias de lítio e quais são as perspectivas para uma redução substancial de preços, que seria tão importante para facilitar o crescente uso de baterias, tanto para mobilidade, como para aplicações estacionárias.

PRINCIPAIS ETAPAS DE PRODUÇÃO DE BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO

Em termos gerais, a produção de baterias de íons de lítio pode ser dividida nas seguintes etapas:

1) **Mineração:** o lítio é amplamente distribuído no nosso planeta, porém, em concentrações muito baixas, devido à sua elevada reatividade. Estima-se que os oceanos contenham 230 bilhões de toneladas de lítio, porém, a concentração do metal na água marinha é muito baixa – são apenas 0,14 a 0,25 partículas de lítio por um milhão de partículas de água (ppm). Em formações rochosas fora dos oceanos, o lítio aparece em concentrações um pouco maiores, de até 70 ppm, o que continua sendo muito baixo. Por isto, a extração e o processamento de lítio são bastante caros. Segundo dados da entidade de pesquisa norte-americana USGS existem reservas conhecidas de lítio de aproximadamente 80 milhões de toneladas. Não significa que este seja o volume total do material disponível, mas simplesmente refere-se às reservas mapeadas. De 2018 para 2019 este número tem crescido em aproximadamente 30%, resultado de uma intensificação dos processos de busca e exploração de lítio. Dessas 80 milhões de toneladas, uma parte significativa encontra-se na América Latina:

- a. Bolívia: 21 milhões de toneladas;
- b. Argentina: 17 milhões de toneladas;
- c. Chile: 9 milhões de toneladas;
- d. EUA: 7 milhões de toneladas;
- e. Austrália: 6,3 milhões de toneladas;
- f. China: 4,5 milhões toneladas.

Em termos de produção, Austrália e Chile ocupam as posições de destaque, com uma produção anual de 42.000 e 18.000 toneladas, respectivamente. O Brasil tem reservas conhecidas de aproximadamente 400.000 toneladas e uma produção anual de 440 toneladas, segundo dados do governo federal. Importante destacar que o país com as maiores reservas conhecidas – a Bolívia – praticamente não participa do mercado global de lítio, devido a uma série de fatores, entre eles considerações políticas e resistência às atividades de empresas multinacionais de mineração.

A exploração de lítio acontece de duas formas – através de salmouras, ou através de processos de mineração. Chile é o maior produtor de lítio a partir de salmoura, enquanto na Argentina, Austrália e na maioria dos demais países o lítio é produzido a partir de processos de mineração.



Gráfico 4 – Principais opções para a extração do minério de lítio. Fonte: CPQD (apresentação durante a conferência Intersolar, 2022).

2) **Processamento:** a produção de baterias exige materiais de alta pureza, e consequentemente os métodos de processamento e purificação são particularmente importantes. Trata-se de processos de refino, baseado em tratamentos térmicos e químicos de grande escala, e com elevada intensidade energética. O lítio em estado primário é transformado em carbonato de lítio e hidróxido de lítio. Para os demais materiais críticos, como níquel e cobalto, também são necessários processos específicos, como por exemplo o HPAL (high-pressure acid leaching), que transforma níquel primário em matéria prima de alta pureza. Devido aos requerimentos de escala, o processamento desses materiais é dominado por um número limitado empresas de grande porte. No caso da produção do carbonato e hidróxido de lítio, por exemplo, cinco corporações respondem por 75% da capacidade mundial de produção.

3) **Produção dos componentes de células:** os principais componentes de uma bateria de lítio são cátodo, anodo, eletrólito e separadores. Cátodos são produzidos a partir de compostos metálicos, tais como lítio-ferro-fosfato (LiFePo₄), lítio-níquel-manganês-óxido de cobalto (LiNiMnCoO₂), ou lítio-níquel-cobalto-óxido de alumínio (LiNiCoAlO₂). Trata-se de um mercado altamente especializado, onde sete empresas, todas localizadas na Ásia, respondem por 55% da produção global.

Os anodos das atuais baterias de íons de lítio são feitos de grafito, podendo ser de origem natural ou sintético. Grafito sintético é produzido a partir de hidrocarbonetos, tais como coque. Trata-se de um processo produtivo bastante maduro, que também é caracterizado por elevado grau de concentração de fornecedores. Neste caso, 4 empresas, todas elas localizadas na China, representam 50% da produção global.

Membranas são feitas de polietileno, ou polipropileno e em muitos casos têm um revestimento cerâmico, e o eletrólito é um líquido orgânico contendo sais e solventes. Em ambos os casos um número limitado de empresas controla percentuais relevantes da produção mundial.

4) **Produção de células e módulos de baterias:** esta etapa envolve três passos – a produção do eletrodo (cátodo + anodo), a produção da célula e a montagem das células em módulos de baterias. A produção das células precisa acontecer em condições de 'clean room', para minimizar o risco de contaminação com impurezas. O primeiro passo consiste em misturar os materiais ativos do cátodo e anodo com um 'binder' antes de aplicá-los em

BRVAL ELECTRICAL

CABINES PRIMÁRIAS APROVADAS NAS PRINCIPAIS CONCESSIONÁRIAS DO PAÍS.



BR6

Conjunto de manobra de média tensão isolamento Ar/SF6.



G2 SLIM

Conjunto de manobra em média tensão isolado a ar.



TRANSFORMADOR

A Seco De Média Tensão.



PROSE7

Conjunto de manobra em baixa tensão.

Nova Unidade Sorocaba-SP

Rua Ribeirão Preto, nº 46, bairro: Jardim Leocadia
Sorocaba-SP | CEP: 18085-380



☎ 21 97105-6853 ☎ 21 3812-3100      brvalelectrical

✉ vendas@brval.com.br  www.brval.com.br

SAIBA MAIS:





condutores metálicos. Para o cátodo utilizam-se condutores de alumínio, e para anodos é utilizado cobre. Para os formatos de células mais comuns, os eletrodos são colocados em forma redonda, e posteriormente submetidos a um processo de secagem. Posteriormente, a produção da célula é finalizada com a montagem dos separadores, adição de eletrólito e montagem dos demais componentes. O processo é concluído com a montagem das células em módulos. Esses módulos também estão equipados com sensores (temperatura, corrente elétrica, entre outros) e microprocessadores responsáveis pela supervisão das células (BMS – battery management system). A imagem a seguir mostra um sistema comercial com capacidade nominal de 38 kWh, composto por 10 módulos de baterias de LFP.



Figura 1 – Sistema de armazenamento comercial. Fonte: NewCharge.

Vale destacar a composição dos custos dos módulos, em que o cátodo representa aproximadamente 25% do custo total do produto, e o lítio em si representa menos de 2% do total. Mas, conforme mostramos, esses 2% fazem toda a diferença.

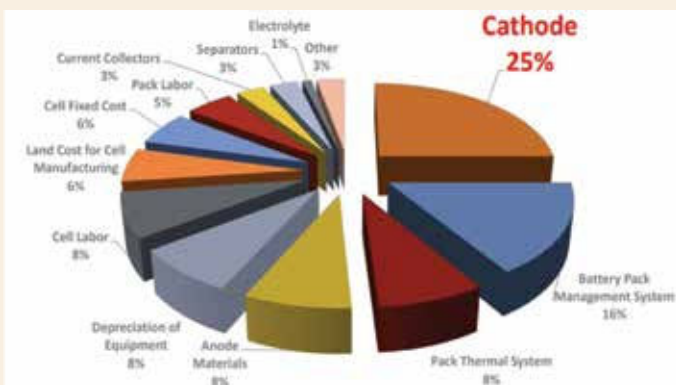


Gráfico 5 – Composição de custo de módulo de bateria de íons de lítio. Fonte: CPQD (apresentação durante a conferência Intersolar, 2022).

LFP VS. NCM E NCA

Até recentemente, baterias de íons de lítio com químicas baseadas em níquel e cobalto (baterias tipo NCM e NCA) têm dominado o mercado global, principalmente devido à sua densidade energética mais elevada. Mas, estas baterias também têm sido uma escolha bastante popular para sistemas estacionários, simplesmente pelo fato

de tratar-se de tecnologias com um histórico razoavelmente longo de produção e utilização, facilitando assim a viabilidade desses projetos. No entanto, desde 2021 observamos uma forte expansão do uso de baterias LFP, tanto para aplicações estacionárias, como também para mobilidade elétrica. Seu custo de produção tende a ser mais baixo, o que é explicado pelo fato de essas baterias estarem livres de níquel e cobalto, ambos sendo materiais bastante caros. Atualmente, uma tonelada de níquel custa em torno de USD 22.000 nos mercados internacionais, e já chegou a ultrapassar o valor de USD 30.000 em março deste ano. O valor por uma tonelada de cobalto tem aumentado desde o início de 2021 e chegou a ultrapassar os USD 80.000 em abril deste ano. Nos dias de hoje, o metal está sendo cotado em torno de USD 52.000. Adicionalmente, baterias LFP têm uma tolerância maior para temperaturas elevadas, e em situações extremas, como por exemplo em caso de perfuração de uma célula carregada, não representam risco de incêndio. Consequentemente, a maior utilização de baterias LFP pode ser uma estratégia válida para conter a alta de preços de baterias de íons de lítio. A principal desvantagem de baterias LFP tem sido sua menor densidade energética. Apesar de avanços recentes, ela continua ficando uns 15% abaixo da densidade energética de baterias NMC e NCA.

GEOGRAFIA DA CADEIA DE SUPRIMENTO DE BATERIAS DE LÍTIU

Conforme mencionamos, a maioria das etapas de produção de baterias de lítio está dominada por um número reduzido de empresas altamente especializadas. Avaliando a localização dessas empresas, chama a atenção o fato de que a maioria delas encontra-se na China, conforme mostra o Gráfico 6.

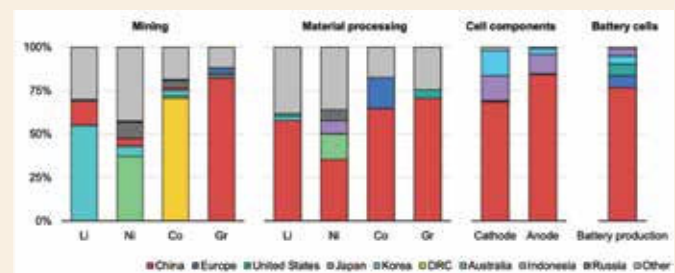


Gráfico 6 – Localização das principais etapas de produção de baterias de íons de lítio. Fonte: IEA.

Com exceção da mineração do lítio, níquel e cobalto, empresas chinesas dominam todas as etapas da cadeia de suprimento de baterias de lítio, desde a mineração do grafite até a produção de células.

A maioria das montadoras automotivas europeias e norte-americanas tem enxergado esta dominância de players chineses como uma ameaça estratégica. Com a transição para a mobilidade elétrica, o domínio dessas empresas na engenharia e fabricação de componentes críticos do veículo, tais como motores e transmissões desaparecerá. Consequentemente, as próprias montadoras, junto a outras empresas compartilhando esta visão, embarcaram em um ambicioso programa de industrialização de baterias de lítio, principalmente na Europa. No velho continente, muitas novas fábricas estão em fase de construção e 'ramp-up', totalizando um aumento da capacidade produtiva de 1.416

GWh/ano. Algumas dessas fábricas foram iniciadas por montadoras automotivas, tais como a Volkswagen e a Tesla, ou produtoras de baterias, tais como LG Chem, Samsung e Varta. Até empresas chinesas, como a CATL e a BYD, estão investindo em unidades produtivas na Europa. No entanto, também há empresas 'novatas', a exemplo da Northvolt e da Freyr, que foram fundadas há poucos anos e estão trabalhando na construção de fábricas de baterias de grande porte. Várias dessas empresas produzirão baterias não somente para a mobilidade elétrica, mas também para aplicações estacionárias.

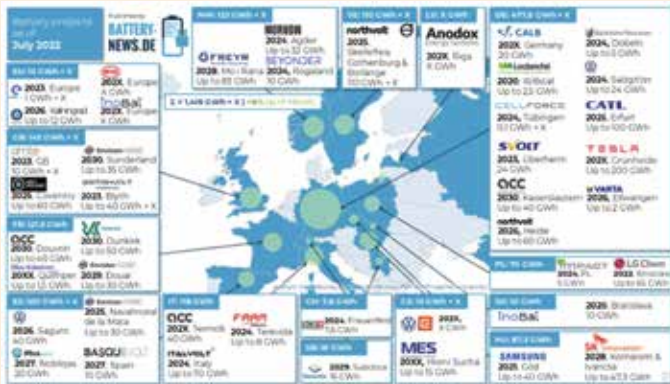


Gráfico 7 – Localização dos principais projetos de fábricas de baterias na Europa. Fonte: Heiner Heimes 'Battery Atlas' citado em energy-storage-news.com.

Em agosto deste ano o governo norte-americano sancionou o chamado 'Inflation Reduction Act'. Além de medidas para conter a inflação esta lei destinará USD 60 bilhões para a produção nacional de tecnologias limpas. Como parte do pacote, o departamento de energia (DOE) prevê investimentos de quase USD 3 bilhões para a produção doméstica de baterias e dos seus componentes. Fica claro que tanto a União Europeia, como os EUA consideram a capacidade de desenvolver e produzir baterias como estratégica para seus respectivos países, visando reduzir sua dependência de quem fornecia até agora – a China.



Figura 2 – Presidente Joe Biden anunciando medidas do Inflation Reduction Act em Detroit. Fonte: Reuters.

SÍNTESE

Esperamos que este artigo tenha conseguido responder pelo menos uma das duas perguntas feitas no início – de explicar a estrutura e as dinâmicas da cadeia global de suprimento de baterias de lítio. A segunda pergunta – a evolução futura de preços dessas baterias – é mais difícil de responder. A

indústria das baterias de lítio é complexa, intensiva em investimentos e, conseqüentemente lenta para reagir a choques de aumento ou redução de demanda. Com isto, muito provavelmente estará sujeita a um fenômeno chamado de 'ciclo de porco', um conceito usado para descrever a oscilação periódica de preços em várias indústrias com inflexibilidades nas suas respectivas cadeias de suprimento. Quando acontece um aumento de demanda, os produtores demoram para responder, primeiro porque precisam estar seguros de que se trata de um aumento estrutural, e não apenas cíclico, e segundo porque qualquer decisão para aumentar a capacidade produtiva demora para se materializar. Sendo assim, oferta e demanda quase nunca estão em equilíbrio e o preço de mercado passará por ciclos repetidos de alta e baixa.

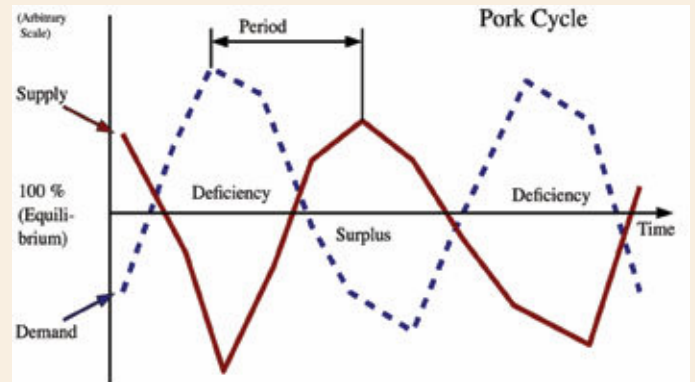


Gráfico 8 – Descrição gráfica do 'ciclo de porco'. Fonte: Wikipedia.

Avaliando a indústria de baterias de lítio sob essa ótica parece quase seguro de que a próxima temporada de 'baixa' chegará, mas é muito difícil prever quando. Alguns analistas, como por exemplo a Clean Energy Associates, empresa de pesquisa de mercado norte-americana, estimam que a próxima rodada de redução de preços poderia acontecer já a partir de 2024. Mas são prognósticos cheios de incerteza. Adicionalmente, como mostramos, surgiram, ao longo dos últimos anos, considerações estratégicas e geopolíticas que vão além da questão de preço.

Diante deste cenário também há que se perguntar qual seria a estratégia industrial do Brasil com relação à cadeia de suprimentos de baterias de lítio. Hoje, o país é um player marginal – não detém grandes reservas de lítio, tem alguns outros materiais essenciais, como níquel e nióbio, mas não tem representatividade no suprimento desses materiais para o mercado global de baterias de lítio. Sem dúvida alguma, existem grandes oportunidades, tanto na exploração de matérias primas, como na produção de componentes de células. Fica a pergunta, no entanto, se o governo brasileiro está disposto em criar as condições e se empreendedores brasileiros estarão dispostos a abraçar as oportunidades resultantes que poderão tornar o Brasil um player competitivo nesta cadeia global de suprimentos.

*Markus Vlasits é fundador e sócio-diretor da NewCharge Projetos, empresa de engenharia e desenvolvimento focada em soluções de armazenamento de energia elétrica. Foi diretor comercial e cofundador da Faro Energy. Foi diretor e vice-presidente da Q-Cells SE na Alemanha, uma das principais fabricantes de células e módulos fotovoltaicos. É conselheiro de administração e coordenador do grupo de trabalho de armazenamento de energia elétrica da Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR).