

Mobilidade elétrica

Por Hugo Muniz Bolognesi e Carla Kazue Nakao Cavaliero*

Capítulo VII

Aplicações de segunda vida para baterias de veículos elétricos

1 - INTRODUÇÃO

O mercado dos veículos elétricos (VEs) que empregam tecnologia de baterias de íons de lítio (LIBs) está surgindo como uma alternativa ao de veículos de combustão interna, visando mitigar as emissões poluentes na fase de uso. Com o aumento de veículos elétricos, mais baterias serão descartadas, e pensar em reutilizá-las, mesmo depois de não servirem mais nos carros, pode ser uma forma de fazê-las durarem mais. Essa abordagem evita descartar as baterias e as traz de volta ao mercado com alguma utilidade, economia e menos impacto ao meio ambiente [1].

As baterias de segunda vida (Second-life Batteries - SLBs) podem trazer benefícios tanto ao mercado de armazenamento de energia, quanto ao mercado de VEs. O reuso das baterias após a aplicação veicular poderia estimular a diluição dos altos custos de produção da tecnologia de lítio em dois ciclos de vida [1]. Desta forma, a aplicação das baterias em um segundo uso pode ter reflexos sobre o custo inicial das baterias em VEs.

A adesão comercial de baterias de segunda mão está sujeita à viabilidade técnica e econômica, além de aspectos ambientais. Aplicar sistemas com SLBs pode se tornar uma solução para que as LIBs sejam mais acessíveis economicamente, visto que eles podem suprir as demandas de várias aplicações estacionárias. A proposta de valor da cadeia de reaproveitamento da bateria se baseia em um produto com boa qualidade para empreendimentos de armazenamento de energia de diversas magnitudes, além de envolver serviços de remodelagem e logística, impactando na criação de novos negócios e de empregos [2].

Além de prolongar a utilidade das LIBs, em muitos casos o reuso pode, supostamente, evitar que novas baterias sejam

fabricadas desnecessariamente. Com isso, a aplicação em segunda vida implica em mitigações da pegada ambiental da bateria já fabricada [1].

2 - APLICAÇÕES E SERVIÇOS ENERGÉTICOS DAS BATERIAS DE SEGUNDA VIDA

Em um olhar geral, uma SLB ainda saudável pode ser aplicada praticamente nas mesmas operações técnicas estacionárias nas quais as baterias recém-fabricadas atuam. No entanto, exigem controle de estado mais rígido. Como as SLBs mantêm capacidade significativa após o uso veicular, elas podem ser remodeladas e adequadas para várias aplicações, tanto de consumidores individuais de energia quanto dos conectados à rede, principalmente se agregadas para armazenamento de energia de forma distribuída [1].

As baterias oferecem serviços em toda a cadeia de energia elétrica, desde a geração, transmissão, distribuição até o consumidor final. Os serviços de interesse de cada agente podem ser vistos na Tabela 1.

A função de arbitrariedade da energia tem três principais aplicações: “peak shaving”, “time shifting” e “load leveling”. A primeira armazena energia durante horários de baixa demanda e fornece de volta em situações de alto consumo. Em “time shifting”, um sistema de armazenamento pode selecionar os períodos estratégicos para comprar energia e suprir a demanda energética. E em “Load leveling” se complementa o suprimento energético com energia do sistema de armazenamento. Nestas três funções, uma empresa geradora ou um consumidor também podem balancear a potência exigida e reduzir a capacidade de potência de equipamentos [3].

A arbitrariedade de energia pode ser aplicada tanto em

TABELA 1 – DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS OFERECIDOS POR SLB

Integração	Agente	Aplicações de SLB
On-Grid	Geradores de eletricidade com fontes não intermitentes	<ul style="list-style-type: none"> • Arbitrariedade da energia; • Compensação de interrupções.
	Geradores de eletricidade com fontes intermitentes	<ul style="list-style-type: none"> • Regulação de oscilações; • Ampliação do abastecimento de energia renovável.
	Transmissão E Distribuição (T&D)	<ul style="list-style-type: none"> • Suporte ou substituição de elementos de potência em T&D; • Serviços ancilares ao sistema T&D; • Confiabilidade no fornecimento em T&D.
	Consumidor de energia	<ul style="list-style-type: none"> • Arbitrariedade da energia; • Redução de potência contratada; • Serviços ancilares ao consumidor; • Confiabilidade e segurança.
	Prossumidor	<ul style="list-style-type: none"> • Retenção de energia gerada localmente; • Arbitrariedade da energia; • Redução de potência contratada.
Off-Grid	Redes isoladas	<ul style="list-style-type: none"> • Suporte à geração isolada; • Confiabilidade e segurança off-grid.
	Abastecimento off-grid	<ul style="list-style-type: none"> • Serviços energéticos a empreendimentos isolados.
Mobilidade	Veículos levíssimos	<ul style="list-style-type: none"> • Motocicleta, bicicleta ou patinete elétricos.
	Logística interna	<ul style="list-style-type: none"> • Empilhadeiras, elevadores móveis.
	Carregadores veiculares	<ul style="list-style-type: none"> • Suporte a carregadores rápidos

nível de geração quanto em nível de consumo, a exemplo da Figura 1. Além disso, o “prossumidor” tem mais flexibilidade com sua energia gerada ao armazenar em sistemas de baterias.

Em todos os casos, estes serviços devem levar em consideração as bandeiras de preços de energia, os contratos de demanda e/ou oferta de potência, a eficiência de carga e descarga do

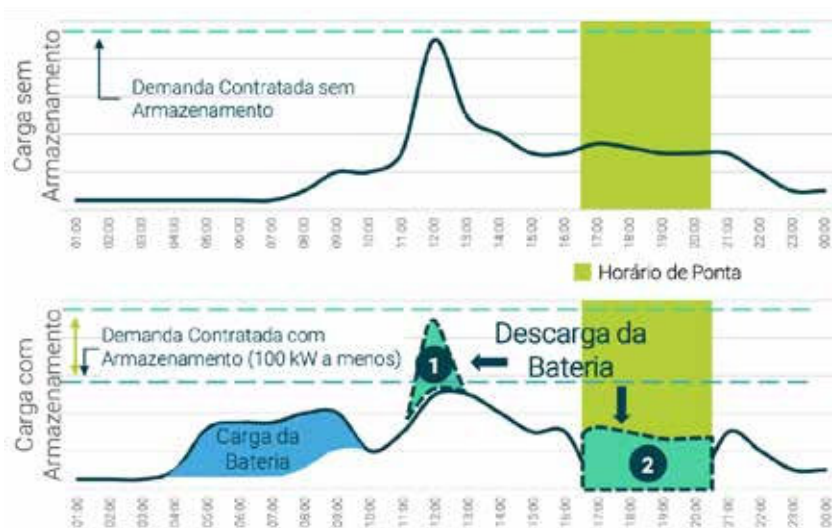


Figura 1 – Esquema de funcionamento de um sistema consumidor com armazenamento atuando como 1: peak shaving e/ou 2: time shifting. Fonte: [4]

sistema de armazenamento e o tempo de descarga disponível.

A intermitência das fontes renováveis se traduz em oscilações de potência na rede. Ademais, a variação repentina das fontes renováveis pode causar danos nos sistemas de transmissão. Um sistema de armazenamento de energia pode acompanhar o sistema de geração e compensar eventuais variações, tornando o suprimento contínuo e confiável [3].

Alguns projetos de uso da SLB substituem elementos de T&D (transformadores, por exemplo). Eles se adaptam para que o aumento de demanda na rede, esporádico ou não, não implique em ampliar a capacidade de fornecimento imediatamente. Atuam, dessa forma, como o “peak shaving” em nível de potências de distribuição [3].

Os sistemas de SLB provêm proteções contra falhas e variações na frequência e tensão da rede. A proteção contra falhas requer resposta muito rápida, um certo tempo inicial à potência total, e depois uma queda linear de potência até chegar a zero, quando a rede já estiver estabilizada. Sistemas empregados para regular a rede trabalham continuamente, fazendo ciclos de carga e descarga em períodos curtos de tempo, na ordem de dezenas por minuto. Este serviço pode ser realizado em nível de T&D, para toda a rede local, ou em nível de consumidor, protegendo apenas a unidade [3].

Sistemas de geração fotovoltaica e eólica off-grid precisam de uma forma de regular a energia para consumo, casos em que o uso de armazenamento é inevitável. Redes off-grid agregam acesso à energia em locais fora da rede – segurança, conforto e oportunidade de desenvolver um empreendimento sem depender da rede elétrica [5].

Empreendimentos temporários e/ou equipamentos que não têm acesso à rede precisam de abastecimento de energia que, em geral, é feito por geradores à combustão. Uma alternativa é manter essa infraestrutura energética por sistema de geração fotovoltaica com armazenamento de SLB [1].

3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de SLBs para aplicações estacionárias surge como uma solução estratégica para estender a vida útil das LIBs. Com o crescimento contínuo da indústria de VEs, o volume de baterias descartadas após o primeiro ciclo de uso aumenta. Nesse cenário, explorar alternativas para dar uma segunda vida a essas baterias, seja em serviços estacionários de energia ou em veículos de menor porte, ganha destaque. Além de reduzir o impacto ambiental, essa abordagem também pode viabilizar a acessibilidade econômica das baterias, tornando-as

disponíveis para um público mais amplo.

A reutilização de baterias representa um passo importante em direção à sustentabilidade e acessibilidade. Ao invés de simplesmente descartá-las, essas baterias podem ser remodeladas para atender a diferentes demandas. Isso não apenas reduz o desperdício, mas também torna as baterias mais econômicas, expandindo seu potencial de uso para uma gama diversificada de aplicações. Essa abordagem ressalta a importância da economia circular e da inovação para atender às demandas crescentes por soluções energéticas mais sustentáveis.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Hossain, D. Murtaugh, J. Mody, H. M. R. Faruque, M. S. H. Sunny, and N. Mohammad, “A Comprehensive Review on Second-Life Batteries: Current State, Manufacturing Considerations, Applications, Impacts, Barriers Potential Solutions, Business Strategies, and Policies,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 73215–73252, 2019.
- [2] R. Reinhardt, I. Christodoulou, S. Gassó-Domingo, and B. Amante García, “Towards sustainable business models for electric vehicle battery second use: A critical review,” *J. Environ. Manage.*, vol. 245, no. December 2018, pp. 432–446, 2019.
- [3] J. Eyer and G. P. Corey, “Energy storage for the electricity grid: Benefits and market potential assessment guide,” 2010.
- [4] Greener and NewCharge, “Estudo Estratégico Mercado de Armazenamento,” São Paulo, 2021.
- [5] H. Ambrose, D. Gershenson, A. Gershenson, and D. Kammen, “Driving rural energy access: A second-life application for electric-vehicle batteries,” *Environ. Res. Lett.*, vol. 9, no. 9, 2014.

*Hugo Muniz Bolognesi é Doutorando em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. Mestre pelo mesmo programa concluído em 2021 e graduação bacharelado em Engenharia Física pela UFSCar (2018). Atua como Coordenador de Tecnologia da ONG Litro de Luz desde 2019.

*Carla Kazue Nakao Cavaliero é Docente da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp, com formação em Engenharia Química pela UFRJ, e Mestrado e Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Unicamp. Atualmente é coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Planejamento de Sistemas Energéticos e membro da Comissão Assessora de Mudança Ecológica e Justiça Ambiental, ambos da Unicamp.