

Mobilidade elétrica

Por Luciane Neves Canha*



Capítulo I

Mobilidade elétrica e as oportunidades para o setor elétrico: aplicações do V2H, V2G e V2X

O carro elétrico, desenvolvido no final do século XIX, apesar de ser considerado uma inovação, enfrentou à época a concorrência do recém-inventado veículo à combustão. Na ocasião, os grandes inventos nas áreas de produção, transporte, distribuição e armazenamento de energia, componentes eletroeletrônicos, comunicações e recursos digitais estavam começando a surgir. Os setores elétrico e industrial estavam em desenvolvimento e o petróleo era o combustível barato e abundante que direcionou a maior parte do desenvolvimento do século XX e segue até hoje sendo a fonte de energia que move as economias mundiais. Entretanto, tal qual o mundo vivenciou, há mais de 130 anos, a era das grandes descobertas e o avanço do uso dos combustíveis fósseis, vive-se hoje, em pleno século XXI, uma nova era, a da chamada transição energética. Nesse contexto histórico de desenvolvimento associado à exploração dos recursos naturais e emissão crescente de gases de efeito estufa, a transição energética impõe a necessidade de reduzir o uso dos derivados de petróleo, especialmente na geração de energia e nos transportes. Diferente do que ocorreu no início do século XX, hoje busca-se o desenvolvimento dos setores elétrico, industrial e econômico a partir da drástica redução no uso do petróleo e seus derivados e volta-se à tecnologia, ciências de dados e inovação para conduzirem os próximos séculos em uma economia de baixas emissões de carbono.

A introdução apresentada mostra o porquê da mobilidade elétrica estar em franco crescimento no mundo: maturidade tecnológica e necessidade de redução no uso de combustíveis fósseis. Não se trata de um modismo como muitos alegam, tão pouco de uma indústria apenas voltada às classes sociais de mais alto poder aquisitivo. Os veículos elétricos (VEs) trazem uma mudança necessária e disruptiva em um setor estratégico para a economia que antes focava no valor do veículo e em sua função de transporte e hoje passa a basear-se no valor da inovação associada e em suas diferentes possibilidades de serviços: transporte, conectividade, armazenamento, transação de energia, confiabilidade, oferta de serviços ancilares e flexibilidade,

dentre outras. Pode-se dizer que a mobilidade elétrica abre caminho para uma transformação no modo como os meios de transporte são utilizados e na perspectiva do valor que pode ser extraído do investimento feito.

Um carro elétrico possui baterias que podem atingir de 40 kWh até cerca de 100 kWh. Os ônibus eletrificados operam com baterias de lítio com capacidades acima de 200 kWh e ônibus escolares elétricos possuem baterias com mais de 150 kWh de capacidade. Essas quantidades, associadas ao fato de que os carros de passeio ficam, em média 95% do tempo parados e muitos meios de transporte circulam em períodos pré-definidos, ficando também boa parte do dia sem rodarem, indicam um potencial para transação da energia armazenada nas baterias dos veículos eletrificados com a rede elétrica onde estejam estacionados. Esse conceito de carga e descarga das baterias para o sistema de distribuição é denominado V2G (vehicle to grid) e permite que carros ou ônibus que possuam o conceito de uso bidirecional ativado possam injetar a energia na rede elétrica, participando de mercados de oferta de serviços ancilares ou de flexibilidade.

O conceito do V2G não é novo e seu mecanismo de operação foi mencionado pela primeira vez no artigo intitulado Electric Vehicles as a New Power Source for Electric Utilities (KEMPTON, 1996). No artigo, os autores discutem a possibilidade de frotas e automóveis poderem ofertar a capacidade de suas baterias para a rede elétrica trazendo benefícios às distribuidoras que estariam dispostas de sistemas de armazenamento que poderiam aumentar a confiabilidade e reduzir o custo operacional das redes bem como facilitar a integração das fontes de geração renováveis. Devido à sua flexibilidade, recentemente tem havido uma série de estudos e projetos piloto para analisar a viabilidade do V2G a partir de outros meios de transporte, como vans, caminhões de entrega e caminhões de lixo que possuem horários flexíveis e, portanto, podem contribuir com o setor elétrico, tanto como carga quanto armazenamento distribuídos, em diferentes horários do dia.

O CONCEITO DE “VEÍCULO PARA TUDO”: V2X

A partir do momento em que a energia presente nas baterias dos veículos elétricos pode ser injetada na rede elétrica, fica claro que a eletromobidade traz consigo os conceitos de fluxo de potência bidirecional e de carga e armazenamento móveis. A depender do local onde o veículo irá ofertar sua energia surgem diferentes classificações. O V2G, conforme já mencionado, está associado à carga ou descarga de baterias na rede elétrica. Já o chamado V2B (vehicle to building) implica na descarga das baterias em um edifício ou condomínio de forma a atender um objetivo preestabelecido. Bastante semelhante ao V2B existe o V2H (vehicle to home) que é a possibilidade do veículo injetar a energia das baterias na residência. Deve-se destacar que, no Brasil, o Artigo 555 da Resolução Normativa nº 1000 da ANEEL veda a injeção da energia elétrica na rede de distribuição a partir dos veículos elétricos e a participação no sistema de compensação de microgeração e minigeração distribuída. Ou seja, no Brasil não há ainda regulação e tão pouco incentivo ao V2G. A modalidade V2H e V2B são permitidas desde que restritas à mesma unidade consumidora. Além desses conceitos pode-se citar o V2L (vehicle to load) que é um conceito já bastante conhecido das baterias atenderem a uma carga específica, comum em acampamentos, por exemplo. É possível também um

veículo elétrico atender outro veículo elétrico através do chamado V2V (vehicle to vehicle) que poderia ser uma alternativa em casos de emergência.

Todas essas siglas são resumidas no chamado V2X (vehicle to everything), (KHEZRI, 2022) que é, portanto, um conceito aplicado para usar a capacidade das baterias dos VEs para injetar a energia em residências, edifícios, locais de trabalho, outros veículos e a rede de distribuição. O objetivo é que os VEs sejam capazes de contribuir para redução de custos da eletricidade, regulação de frequência,

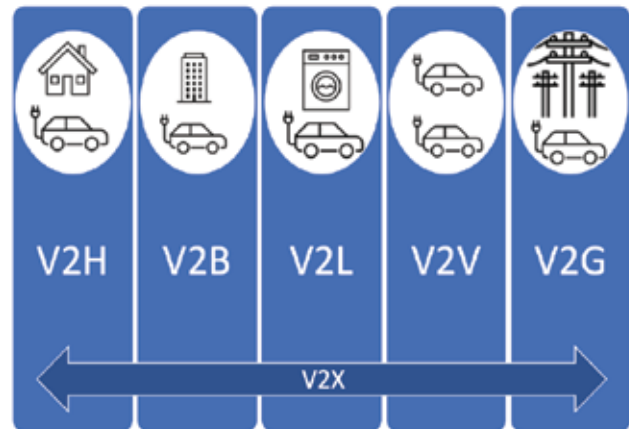


Figura 1 – Aplicações do V2X. Fonte: autora.*AmethystDesign

Excelência em Transformadores

IRRIGAÇÃO
ENERGIA FOTOVOLTAICA
ENERGIA ELÉTRICA
INDÚSTRIA
MANUTENÇÃO

MINUZZI®

www.minuzzi.ind.br



deslocamento de carga, controle de tensão, arbitragem de energia, transação de energia, etc. A Figura 1, apresenta um resumo das aplicações do V2X.

IMPACTOS DO V2G SOBRE AS REDES ELÉTRICAS

À medida em que a quantidade de veículos elétricos aumenta, maior é o impacto sobre as redes elétricas. Em alguns casos podem ocorrer restrições às recargas devido à sobrecarga das redes e transformadores. Por outro lado, em redes com excedente de geração renovável poderá ocorrer o que se chama de curtailment, ou seja, o corte da geração em excesso. Não utilizar por completo o potencial de geração renovável é um contrassenso no atual contexto em que se deve priorizar a geração limpa. Segundo Xu et al (2023) as baterias dos veículos elétricos podem servir em curto prazo como armazenamento às redes elétricas, aumentando a flexibilidade das redes. A possibilidade de se ter um fluxo de potência bidirecional do EV com a rede elétrica possibilita não apenas novos modelos de negócio, mas também oportuniza ações para aumento da resiliência das redes, ampliação da geração de energia a partir de fontes renováveis como a solar fotovoltaica e suporte a cargas, comunidades energéticas e microrredes em situações de contingência ou ocorrência de eventos severos. Nos Estados Unidos, a Pacific Gas and Electric Co. (PG&E) estabeleceu o primeiro mecanismo de compensação da energia oriunda de veículos elétricos a partir da aplicação do V2G para clientes comerciais. A nova estrutura de taxas de exportação está sendo aplicada na Califórnia e foi acordada entre a PG&E e o Conselho de Integração de Rede de Veículos, Electrify America LLC e o Escritório de Advogados Públicos da Comissão de Serviços Públicos da Califórnia. O acordo prevê que os proprietários de veículos elétricos comerciais receberão inicialmente incentivos para ajudar a compensar os custos da frota, ao mesmo tempo em que serão incentivados a utilizarem os veículos para injetar energia no sistema de distribuição para fornecer suporte à rede durante os períodos de pico de demanda (MAISCH, 2022). A Figura 2 apresenta uma imagem dos ônibus escolares que podem dar suporte às redes a partir do uso do V2G nos EUA.



Figura 2 – “Yellow bus” americanos para operação como V2G. Fonte: Maisch, 2022. Imagem: Wikimedia Commons, University Railroad.

Os serviços ancilares para as redes elétricas ofertados pelos VEs, a partir do V2G habilitado em frotas de carros, ônibus ou caminhões, podem incluir ações diretas sobre as curvas de carga tais como resposta da demanda, poda do pico de carga, deslocamento do pico e crescimento estratégico da carga. Da mesma forma que ações como a arbitragem podem incentivar a recarga dos veículos em horários com excedente de geração renovável ou de tarifa mais barata e a injeção da energia na rede quando as tarifas forem mais satisfatórias.

Uma outra aplicação do V2G está na operação como reserva em caso de falta de energia ou ocorrência de incêndios florestais, nevascas e eventos severos. Como exemplo, tem-se o Nissan Leaf que é atualmente o único carro elétrico no Brasil que possui a função V2G habilitada e possui bateria de 40 kWh que pode fornecer energia durante seis horas ou mais dependendo das cargas a serem atendidas. A Figura 3 apresenta um carregador bidirecional de 7 kW da empresa espanhola Wallbox que foi adquirido pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Geração Distribuída da Universidade Federal de Santa Maria, o INCT-GD/UFSM.

O carregador apresentado na Figura 3 possui plugue CHAdeMO que é o mais antigo dos plugues em corrente contínua e foi desenvolvido no Japão, permanecendo até hoje como o padrão para aplicações com o V2G. Entretanto, já há vários desenvolvimentos em prol do uso do conector do tipo CCS para também permitir as operações bidirecionais dos carregadores. Outra evolução diz respeito ao protocolo ISO 15118 que foi desenvolvido para permitir integrar os veículos às redes elétricas operacionalizando as recargas inteligentes (smart charging), padronizando e tornando mais seguras as trocas de mensagens entre os VEs e as estações de recarga. A ISO 15118 permite que o VE e a estação de carregamento troquem informações dinamicamente com base em cronogramas de carga e descarga adequados. Atualmente o protocolo CHAdeMO busca maneiras de adaptar-se ou fazer parte da ISO 15118 uma vez que, até o momento, não são compatíveis. A Tabela 1 apresenta as empresas que lançaram ou já anunciaram modelos que passarão a contar com a tecnologia V2G ativa.



Figura 3 – Único carregador V2G instalado no Rio Grande do Sul.

BRVAL

ELECTRICAL

Soluções sob medida para uso ao tempo e uso abrigado.

BR6

Painel Compacto SF6 até 36kV
Testado conforme NBR IEC 62271-200



Uso abrigado



Uso ao tempo

G2 SLIM

Painel isolado à AR até 17,5kV
Testado conforme NBR IEC 62271-200



Uso abrigado



Uso ao tempo

BR-POWER

Transformador a seco MT até 36,2kV
Testado conforme NBR 5356



Uso abrigado
(IP00, IP21 e IP23)



Uso ao tempo
(IP54)

PROSE7

Painel de baixa tensão até 1000V
Testado conforme NBR IEC 61439



Uso abrigado



Uso ao tempo

ACESSE AQUI
DESENHOS TÉCNICOS INDIVIDUALIZADOS



BRVAL
ELECTRICAL

Atendimento ao Cliente | Vendas:

Av. Pastor Martin Luther King Jr, 126 Bl. 09 Torre 2 - Salas 1108 a 1111
Del Castilho (Shopping Nova América Condomínio Offices) - Rio de Janeiro - RJ
CEP 20.765-000 | ☎ 21 3812-3100 | ☎ 21 97105-6853 | vendas@brval.com.br

Fábrica Sede:

Rodovia RJ 145, nº 27.295B - Canteiro - Valença - RJ
CEP 27.600-000 | 24 2453-5004 | 2453-5394 | sac@brval.com.br

Nova Unidade SP:

Rua Ribeirão Preto, nº 46 - Jardim Leocadia - Sorocaba - SP
CEP 18.085-380 | 15 3327-3866 | 15 99243-1717 | brvalsr@brval.com.br

✉ vendas@brval.com.br 🌐 www.brval.com.br 📞 @brvalelectrical

TABELA 1 – EMPRESAS QUE LANÇARAM OU ANUNCIARAM MODELOS DE EV COM V2G.

EMPRESA	MODELO	CONECTOR PADRÃO
NISSAN, MITSUBISHI MOTORS	NISSAN Leaf, MITSUBISHI Outlander PHEV	CHAdeMO
HYUNDAI, KIA	KIA EV6, HYUNDAI IONIC 5	CCS
FORD	FORD F-150 Light	CCS
VOLKSWAGEN	A partir de 2023 com baterias acima de 77 kWh	CCS
VOLVO, POLESTAR	VOLVO EX90, POLESTAR	CCS
BYD	BYD Atto3	CCS
LUCID	Lucid Air	CCS
RIVIAN	Anunciou tecnologia V2G para modelos futuros	CCS

Fonte: Bloomberg NEF, 2022



Um ponto crucial e que em geral gera muitos questionamentos com relação ao V2G é com relação ao desgaste das baterias devido às maiores frequências de carga e descarga. Muitos fatores afetam a degradação das baterias, dentre eles o modo de condução, de recarga, a química das baterias etc. Vários trabalhos que tratam da modelagem da degradação das baterias, levam em conta modelos não lineares e registros históricos. O trabalho de Xu et al (2023) desenvolve um modelo semiempírico que busca equilibrar a complexidade e a precisão da degradação da bateria. Destaca-se aqui a importância de uma governança que olhe de forma sistêmica as transformações e nesse caso específico um mercado de segunda vida das baterias poderá estabelecer-se de forma que muitas sejam utilizadas como baterias estacionárias nas redes de distribuição dentro de um plano de economia circular.

CONCLUSÃO

Com base na enorme oportunidade que a mobilidade elétrica traz de acelerar a transição energética e reduzir mais rapidamente a dependência dos combustíveis fósseis, entender o potencial dos veículos elétricos para a rede elétrica e criar boas políticas públicas deve ser a maior prioridade para os gestores em todo o mundo. Veículos elétricos podem oferecer flexibilidade para as redes de distribuição considerando que ora atuam como carga e ora como armazenamento distribuídos. Cada modal e modelo carrega consigo um grau de flexibilidade e o mapeamento desses níveis e dos modos de operação pode levar ao desenvolvimento de frameworks de oferta de serviços ancilares e contratos inteligentes que

possam viabilizar a criação de mercados de flexibilidade contribuindo para os modelos de mobilidade como serviço (MaaS).

A tecnologia V2G já está estabelecida, a ISO 15118 permite uma gama de possibilidades de interação dos veículos com as estações, e recarga e com diferentes agentes. Esse dinamismo de oportunidades conduz às recargas inteligentes e transforma os meios de transporte em plataformas de inovação. Tal qual ocorreu com o telefone, cuja função era apenas permitir conversas, e o smartphone, que oportuniza uma infinidade de usos, gradativamente a escolha dos veículos se dará pelo grau de inovação e serviços que possam ofertar, e não apenas pela função de transporte.

BIBLIOGRAFIA

J. Donadee, R. Shaw, O. Garnett, E. Cutter and L. Min, "Potential Benefits of Vehicle-to-Grid Technology in California: High Value for Capabilities Beyond One-Way Managed Charging," in *IEEE Electrification Magazine*, vol. 7, no. 2, pp. 40-45, June 2019, doi: 10.1109/MELE.2019.2908793.

Kempton, W, Letendre, S., "Electric Vehicles as a New Power Source for Electric utilities: *Transp Res.-D*. Vol 2, Nº 3 pp157-175, 1997. Elsevier Science Ltd.

Maisch, M. *The mobility rEVolution: PG&E obtains first V2G export rate for commercial EVs in US*. 31 de outubro de 2022. Disponível em <https://www.pvmagazine.com/2022/10/31/the-mobility-revolution-pge-obtains-first-v2g-export-rate-for-commercial-evs-in-us/> Acesso em 27/01/2023.

R. Khezri, D. Steen and L. A. Tuan, "A Review on Implementation of Vehicle to Everything (V2X): Benefits, Barriers and Measures," 2022 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), Novi Sad, Serbia, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISGT-Europe54678.2022.9960673.

Xu C, Behrens P, Gasper P, Smith K, Hu M, Tukker A, Steubing B. *Electric vehicle batteries alone could satisfy short-term grid storage demand by as early as 2030*. *Nat Commun*. 2023 Jan 17;14(1):119. doi: 10.1038/s41467-022-35393-0. PMID: 36650136; PMCID: PMC9845221.

*Luciane Neves Canha é graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no Rio Grande do Sul. É professora da mesma universidade, pesquisadora do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPQ) e membro sênior do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE). Desde 2005, atua como orientadora de doutorado e mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (PPGEE/UFSM). É coordenadora de diversos projetos de pesquisa e desenvolvimento relacionados a sistemas de energia elétrica.