



CADERNO OPINIÃO

RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: O QUE ESPERAR QUANDO O COMBUSTÍVEL DOS NOSSOS CARROS FOR A ELETRICIDADE?

AUTORA

Tatiana Bruce da Silva

dezembro.2017

SOBRE A FGV ENERGIA

A FGV Energia é o centro de estudos dedicado à área de energia da Fundação Getúlio Vargas, criado com o objetivo de posicionar a FGV como protagonista na pesquisa e discussão sobre política pública em energia no país. O centro busca formular estudos, políticas e diretrizes de energia, e estabelecer parcerias para auxiliar empresas e governo nas tomadas de decisão.

DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

SUPERINTENDENTE DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Luiz Roberto Bezerra

SUPERINTENDENTE ADMINISTRATIVA

Simone C. Lecques de Magalhães

ANALISTA DE NEGÓCIOS

Raquel Dias de Oliveira

ASSISTENTE ADMINISTRATIVA

Ana Paula Raymundo da Silva

ESTAGIÁRIA

Larissa Schueler Tavernese

SUPERINTENDENTE DE PESQUISA E P&D

Felipe Gonçalves

COORDENADORA DE PESQUISA

Fernanda Delgado

PESQUISADORES

André Lawson Pedral Sampaio

Bruno Ladeira Andrade

Guilherme Armando de Almeida Pereira

Júlia Febraro França G. da Silva

Larissa de Oliveira Resende

Mariana Weiss de Abreu

Tamar Roitman

Tatiana de Fátima Bruce da Silva

CONSULTORES ESPECIAIS

Ieda Gomes Yell

Magda Chambriard

Milas Evangelista de Souza

Nelson Narciso Filho

Paulo César Fernandes da Cunha



OPINIÃO

RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: O QUE ESPERAR QUANDO O COMBUSTÍVEL DOS NOSSOS CARROS FOR A ELETRICIDADE?

*Tatiana Bruce da Silva,
Pesquisadora FGV Energia*

Com a disseminação dos veículos elétricos ao redor do planeta, é comum imaginar um cenário no qual todos os carros do Brasil serão elétricos e qual impacto suas recargas causariam na rede elétrica. Uma situação em que todos os veículos elétricos (VEs) do Brasil estarão ligados na tomada simultaneamente é possível, mas altamente improvável. Quando os carros 100% elétricos forem parte significativa da frota brasileira, a tecnologia e regulação terão evoluído de forma que recargas desordenadas, que elevariam perigosamente a demanda de pico, não serão a norma. Neste artigo, alguns estudos sobre o impacto da recarga de veículos elétricos na rede serão discutidos com vistas a desmistificar essa impressão. Também serão apresentadas as previsões do planejador brasileiro acerca da disseminação dos carros elétricos no Brasil para os próximos anos, além de medidas que o regulador já está implementando para se preparar para esse momento.

Carros elétricos estão sendo introduzidos no mundo todo com o objetivo de descarbonizar o setor de

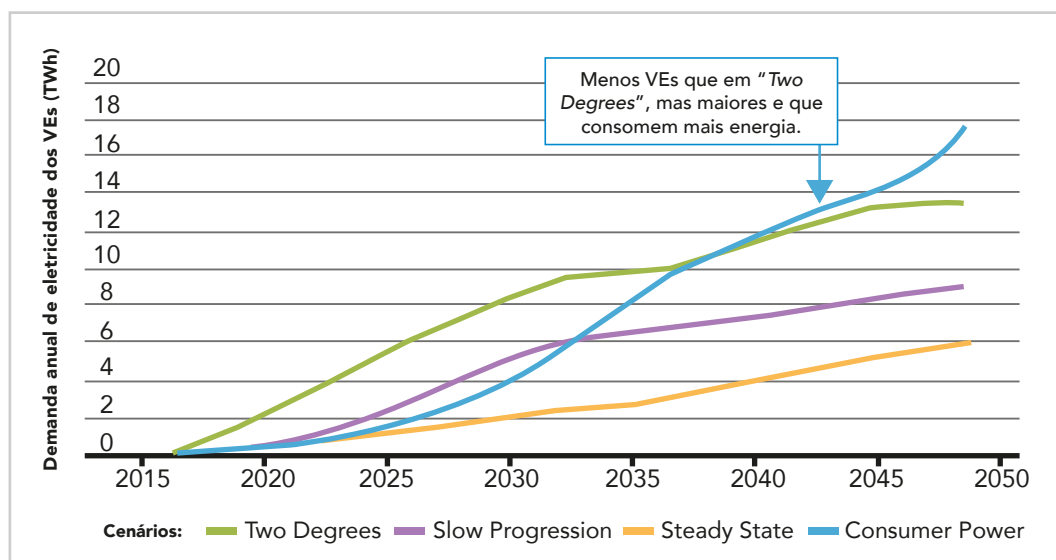
transportes e de reduzir a poluição atmosférica¹. Reino Unido e França anunciaram que veículos à combustão interna (VCIs) não serão mais produzidos a partir de 2040. Holanda e Índia não venderão mais VCIs a partir de 2030. Na Alemanha, espera-se que a venda de VCIs seja proibida também a partir de 2030². Na Noruega, o governo planeja “ações fortes para alcançar o objetivo de zero novos carros a combustíveis fósseis vendidos a partir de 2025”³. Além disso, vários países estabeleceram metas para venda de carros elétricos: Áustria, China, Dinamarca, França, Alemanha, Índia, Irlanda, Japão, Holanda, Portugal, Coreia do Sul, Espanha, Reino Unido e Estados Unidos (onde metas foram definidas em oito estados: Califórnia, Connecticut, Maryland, Massachusetts, Nova York, Oregon, Rhode Island e Vermont)⁴.

Ao mesmo tempo que países estão estabelecendo metas para o desenvolvimento da mobilidade elétrica, estudos estão sendo realizados a fim de melhor entender e preparar a rede elétrica para o impacto que a recarga desses veículos irá causar. Um desses

estudos foi lançado em julho de 2017 pelo *National Grid*, o operador da rede elétrica do Reino Unido. Por meio da análise de quatro cenários, que levam em consideração diferentes premissas de crescimento econômico, avanço tecnológico e comportamento dos consumidores, a demanda por eletricidade no horizonte 2050 é determinada.

Em todos os cenários, a participação de veículos elétricos ocorre em maior ou menor grau. Em três dos quatro cenários, carros elétricos serão responsáveis por 90% das vendas de veículos em 2050. No cenário mais sustentável (“*Two Degrees*”), todos os 25 milhões de veículos em 2050 serão 100% elétricos, demandando 35 TWh de eletricidade (Figura 1). Esse cenário, contudo, não é o que demandará mais eletricidade da rede devido ao comportamento dos consumidores, que utilizarão energia mais conscientemente por meio da aquisição de VEs menores e mais econômicos, redução do número de deslocamentos com automóveis, emprego cada vez maior de VEs autônomos compartilhados, além de utilizarem redes

Figura 1: Projeção da eletricidade anual demandada por carros elétricos no Reino Unido.



Fonte: *Future Energy Scenarios*, National Grid, 2017.

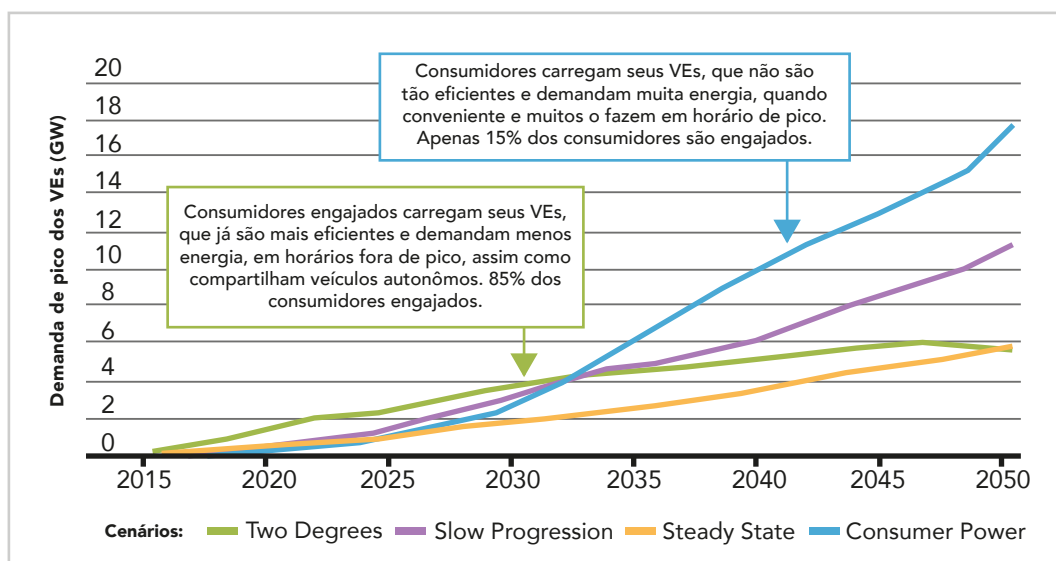
¹ Cabe lembrar que, para que os efeitos de descarbonização e redução de poluição sejam realmente efetivos, a eletricidade que abastece os carros elétricos deve provir de fonte renovável.

² <https://www.weforum.org/agenda/2017/09/countries-are-announcing-plans-to-phase-out-petrol-and-diesel-cars-is-yours-on-the-list/>

³ <https://twitter.com/VidarHelgesen/status/739903920475115521>

⁴ Para mais informações, vide: *Caderno FGV Energia - Carros Elétricos*.

Figura 2: Projeção da demanda de pico anual de carros elétricos no Reino Unido.



Fonte: Future Energy Scenarios, National Grid, 2017.

inteligentes e tarifação horária para abastecer seus carros em horários fora de pico⁵. O cenário no qual veículos elétricos mais consomem energia ("Consumer Power") tem 2 milhões de veículos elétricos a menos, mas, como os consumidores não são tão conscientes, o consumo de energia e a demanda de pico⁶ são maiores (Figuras 1 e 2).

Em relação ao Brasil, estipulamos na nossa NDC⁷ que a descarbonização no setor de transportes até 2030 ocorrerá por meio da utilização de biocombustíveis⁸. Mesmo assim, várias instituições vêm realizando estudos para melhor entender como veículos elétricos impactariam a rede elétrica. O Relatório de Mobilidade Elétrica desenvolvido

pelo Grupo de Estudos do Setor Elétrico da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GESEL), relata um cenário no qual os VEs representam 20% da frota nacional, percorrendo 8 mil km por ano e consumindo 6kWh/km. Dadas essas premissas, a demanda de eletricidade desses veículos equivaleria a menos de 2% de toda eletricidade consumida no país em 2011. Quanto à potência, o acréscimo seria de 10%, caso o abastecimento dos veículos ocorresse após as 18 horas⁹.

A Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) também realizou simulações da penetração dos veículos elétricos na sua área de concessão. Considerando uma participação na frota veicular total de 4% a 10% até

⁵ As premissas para recarga são: o padrão de potência para as estações de recarga é de 7 kWh. Além disso, as estações de recarga são *smart chargers*: ou seja, elas podem se comunicar com outros dispositivos que permitirão aos consumidores e potenciais fornecedores de serviços de agregação otimizar seu gerenciamento de demanda. Uma das características das estações de recarga inteligentes será sua possibilidade de "saber" quanto a eletricidade custa em todas as horas do dia (mais cara em horários de pico), assim escolhendo o melhor momento para carregar as baterias dos carros. Por fim, em todos os cenários, é assumido que, em qualquer momento, apenas 21% dos consumidores potenciais que poderiam estar conectados a uma estação de recarga assim estarão, devido à diversidade intrínseca à atividade de recarga. Fonte: National Grid - Our Energy Insights: Electric vehicle announcement and what the papers say. 08 de agosto de 2017.

⁶ A extensão de como VEs afetarão a demanda de pico se baseia em quantas unidades estão sendo carregadas e o tamanho dos carregadores — premissas essas detalhadas na nota 5.

⁷ NDC é a sigla em inglês de Contribuição Nacionalmente Determinada. Este documento estabelece os compromissos que os países que adotaram o Acordo de Paris estabeleceram para atingir a meta de limitação, até o final do século, do aumento da temperatura global em 2° Celsius em relação a níveis pré-industriais, e realizar esforços para limitar esse aumento a 1,5° Celsius. A NDC do Brasil pode ser acessada em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf

⁸ Promoção de medidas de eficiência também é citada no documento como um esforço de descarbonização a ser perseguido no setor de transportes. Carros elétricos são muito mais eficiente que VCI (vide Caderno FGV Energia Carros Elétricos); logo aumentar sua participação na matriz de transportes seria uma maneira de conseguir alcançar mais eficiência. Veículos elétricos, contudo, não são citados na NDC brasileira.

⁹ Para mais informações, vide: Caderno FGV Energia Carros Elétricos.

2030, o consumo de energia elétrica adicional causado por esses veículos seria de 0,6% a 1,6%. No caso do impacto na rede, simulações computacionais concluíram que a capacidade atual conseguiria suportar essa carga adicional – seria uma situação semelhante à instalação de um novo shopping ou edifício comercial, por exemplo, em que o aumento da potência dos transformadores, que já é possível no cenário atual, administraria a situação. Com a disseminação de redes inteligentes, futuramente esse cenário seria melhor manejável¹⁰.

A partir dos estudos do *National Grid*, GESEL e CPFL, é possível observar um padrão quanto ao resultado esperado da recarga de veículos elétricos na rede: de fato, quanto maior for a inserção desses veículos na sociedade, maior será seu consumo de eletricidade. Entretanto, o impacto a ser causado na rede será administrado seja por tarifação horária (para deslocar o consumo para horários fora de ponta), seja pela utilização de sistemas inteligentes e/ou outras tecnologias de recarga que evoluirão ou surgirão, ou até mesmo pela maior educação e participação dos consumidores quanto ao gerenciamento da atividade de recarga, que buscarão abastecer seus veículos elétricos em horários mais baratos e que causem menor impacto ao sistema.

A título de ilustração, podemos assumir um cenário extremo em que todos os carros existentes no Brasil em 2016 fossem elétricos (aproximadamente 36 milhões, de acordo com o Anuário da Indústria Automobilística Brasileira, ANFAVEA,

2017). Considerando que esses veículos percorressem, em média, 20 mil km por ano, com um rendimento energético de 4,375 km/kWh¹¹, seriam necessários 163,4 TWh de energia por ano para abastecer esses carros. Esse valor é equivalente a aproximadamente 31% da energia elétrica consumida no Brasil em 2016, de acordo com dados do Balanço Energético Nacional de 2017 (ano base 2016).

Algumas considerações importantes, contudo, precisam ser feitas em relação a esse cálculo.

1- A distância média percorrida por veículos anualmente tende a diminuir no futuro. Como exemplificado no estudo do *National Grid*, a tendência é que consumidores de mobilidade se tornem mais conscientes e eficientes no futuro, utilizando mais o transporte público e veículos compartilhados (em relação a estes últimos, a natureza do compartilhamento predispõe, per se, uma menor quantidade de veículos). Logo, a premissa de 20 mil km percorridos por ano seria muito alta.

2- O rendimento energético dos veículos elétricos também tende a aumentar à medida que a tecnologia evolui. Assim como hoje veículos elétricos já são mais eficientes energeticamente que veículos convencionais, VEs do futuro também o serão em relação aos modelos elétricos atuais.

3- Sobre a potência para recarregar as baterias desses carros elétricos: a tabela abaixo traz a classificação dos tipos de recarga que a Agência Nacional de Energia

Tabela 1: Classificação da EURELECTRIC dos tipos de recarga, adaptada ao Brasil.

| Potência Nominal | Conexão | Potência (kW) | Corrente (A) | Recarga (alcance/hora) | Instalação |
|------------------|-------------------|---------------|--------------|-------------------------------|-----------------|
| Normal | Monofásica | < 3,7 | 10 - 16 | < 20km (8h carga total) | Doméstica |
| Média | Mono/Trifásica | 3,7 - 22 | 16 - 32 | 20 - 110km (2-8h carga total) | Locais Públicos |
| Alta | Trifásica | > 22 | > 32 | > 110km (2h carga total) | Locais Públicos |
| Alta | Corrente Contínua | > 22 | > 32 | > 110km (2h carga total) | Locais Públicos |

Fonte: ANEEL, 2017.

¹⁰ Fonte: Caderno FGV Energia Carros Elétricos.

¹¹ Premissas extraídas de: Estudo IES Brasil 2050 (<http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/publicacoes/anexo.pdf>)

Elétrica (ANEEL) adaptou para o Brasil. A tendência é que as baterias dos carros elétricos se tornem mais densas e demandem maior potência de recarga. Entretanto, conforme já mencionado, a recarga de veículos elétricos será acompanhada de tarifação horária, redes inteligentes e outras tecnologias, de forma que recargas desordenadas e/ou em horário de pico não serão a norma.

Um cenário mais provável para os próximos anos é estimado no Plano Decenal de Energia (PDE) 2026, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Estima-se que, apesar de seu alto crescimento, a demanda de eletricidade no setor de transportes apresentará ainda uma pequena participação de 0,3% em 2026 devido ao reduzido número de veículos elétricos que são projetados no mercado brasileiro: menos de 1% em uma frota de 52 milhões, ou 360 mil veículos¹². Dentre esses VEs, apenas veículos elétricos híbridos são considerados e, a partir de 2021, híbridos *flex fuel* também serão uma possibilidade. Devido às vantagens comparativas brasileiras na indústria dos biocombustíveis, o desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* pode encontrar uma base consumidora relevante no país em um momento no qual os veículos elétricos estarão em processo de se tornar mais baratos mundialmente na próxima década¹³. Dessa forma, em um primeiro momento de inserção dos carros elétricos no Brasil, o consumo de eletricidade não será tão significativo quanto o projetado em estudos que presumem participação majoritária de veículos 100% elétricos porque estaremos usando

eletricidade e etanol como combustível para nossos carros elétricos. Futuramente, o Brasil entrará em uma “segunda onda” do carro elétrico, em que custos terão caído, a tecnologia de recarga terá evoluído, e a regulação terá se adaptado, levando em consideração as melhores práticas adotadas ao redor do planeta. Além disso, consumidores, que já vêm cada vez mais se tornando proativos no gerenciamento da sua demanda de eletricidade, também serão mais eficientes em relação ao seu consumo de eletricidade e mobilidade¹⁴. Portanto, quando todos os carros do Brasil forem 100% elétricos, estaremos vivendo uma realidade muito mais parecida ao cenário sustentável do estudo do *National Grid*.

Além disso, vale mencionar que todas essas baterias de veículos elétricos são uma grande oportunidade de armazenamento de energia para fontes intermitentes, como a eólica e solar. No momento que carros elétricos se tornarem *mainstream* também no Brasil, a tecnologia *vehicle to grid* — em que a eletricidade armazenada na bateria dos VEs é realimentada ao grid, podendo ser utilizada como recurso energético distribuído a ser despachado pelo operador do sistema — também já terá evoluído e poderá ser utilizada no nosso país. Por exemplo, na Califórnia, planeja-se utilizar as baterias dos carros elétricos para armazenar parte da eletricidade em excesso que é produzida pela geração solar ao longo do dia para utilização no fim do tarde, quando o sol se põe e a carga diária de eletricidade experimenta a rampa íngreme que é característica da “curva do pato”¹⁵. Dessa forma, as baterias dos

¹² Elétricos híbridos representarão 2,5% dos veículos licenciados em 2026, ou 100 mil unidades. Fonte: José Mauro Ferreira Coelho, “Impacto dos veículos elétricos no planejamento energético brasileiro: setor de combustíveis fósseis”. 24 de maio de 2017. A EPE enumera várias razões para essa participação reduzida de carros elétricos no Brasil nos próximos dez anos, dentre elas: o ainda elevado preço de aquisição dos VEs no mercado nacional; necessidade de adaptações e aperfeiçoamento para o abastecimento dos VEs e reciclagem das baterias; baixa possibilidade de uma política de subsídios nacionais para a aquisição de carros elétricos devido à conjuntura de restrições fiscais e orçamentárias para os próximos anos; utilização do biocombustível para descarbonização do setor de transportes brasileiro, uma alternativa nem sempre disponível em outros países, o que contribui para um maior desenvolvimento da mobilidade elétrica nessas localidades.

¹³ Diversos especialistas e instituições mundiais projetam que veículos elétricos alcançarão compatibilidade de custos com VCI na próxima década. A partir daí, devido a sua superioridade tecnológica e de eficiência energética, e também considerando que haja uma infraestrutura de recarga compatível, VEs se tornarão o veículo de escolha da maioria dos consumidores. Para maiores detalhes em relação às projeções, vide: Caderno FGV Energia - Carros Elétricos.

¹⁴ Esses consumidores conscientes, inclusive, muito provavelmente serão prosumidores, instalando nas suas residências painéis solares ou outras formas de geração distribuída, além de baterias domésticas, para abastecer seus veículos elétricos.

VEs, juntamente com baterias de maior capacidade, podem contribuir tanto para a estabilidade da rede elétrica em um momento crítico do dia quanto para evitar desperdiçar a sobregeração de energia solar¹⁶.

Ademais, a fim de melhor entender como a regulação precisa se adaptar a uma realidade na qual o combustível dos automóveis passará a ser a eletricidade, a ANEEL realizou uma audiência pública no primeiro semestre de 2017 com o objetivo de “obter subsídios para o aprimoramento da regulamentação de aspectos relativos ao fornecimento de energia elétrica a veículos elétricos”¹⁷, dado que a comercialização de eletricidade no mercado regulado brasileiro só pode ser realizada por distribuidoras de eletricidade. A Agência entende que, devido às projeções de inserção de VEs realizadas pela EPE, que ainda são muito baixas, o risco de faltar

energia devido ao crescimento da frota de veículos elétricos é reduzido, e também declara que “está empenhada em garantir a segurança do suprimento, de forma que a tecnologia possa ser utilizada sem barreiras pela sociedade”¹⁸.

Em suma, um cenário extremo de recarga de veículos elétricos no Brasil não ocorreria em um futuro próximo por diversos motivos: 1- devido a características próprias do nosso país, uma realidade na qual todos os carros do Brasil serão elétricos não deve ocorrer antes de 2030 (e muito provavelmente também não antes de 2050); até então, a tecnologia, a regulação e o comportamento dos consumidores já terão evoluído de forma que recargas desordenadas em horário de pico não serão a norma e veículos elétricos não “quebrarão” o grid.



Tatiana Bruce da Silva. Mestre em Administração Pública, com especialização em crescimento e desenvolvimento econômico, pela Universidade da Pensilvânia e Economista pela UFPE. Tem experiência com coordenação de projetos e como analista de dados estatísticos, tendo atuado em vários centros da Universidade da Pensilvânia, como a Perelman School of Medicine, a Wharton Business School e o Annenberg Public Policy Center. Além disso, tem experiência com planejamento estratégico, gestão orientada para resultados e formulação de parcerias público-privadas e consórcios públicos. Suas áreas de pesquisa na FGV Energia englobam: recursos energéticos distribuídos e sua inserção na matriz elétrica brasileira, veículos elétricos, transição energética e integração energética.

Veja a publicação completa no nosso site: fgvenergia.fgv.br

Este texto é de inteira responsabilidade do autor e não reflete necessariamente a linha programática e ideológica da FGV.

¹⁵ A curva do pato é a curva de carga do sistema associada à geração solar: durante o dia, a demanda de eletricidade é atendida pela geração solar em curso, fazendo com que a carga do sistema seja reduzida. No fim do dia, quando anoitece e a geração solar para de produzir — horário que coincide com o pico do sistema — a carga experimenta uma rampa íngreme. Esse comportamento da curva de carga se assemelha a um pato, daí o nome.

¹⁶ Para maiores detalhes sobre a transição energética e a curva do pato na Califórnia, vide Coluna Opinião FGV Energia (forthcoming).

¹⁷ Audiência Pública 029/2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/audiencias-publicas>

¹⁸ <http://www.aneel.gov.br/mobilidade-eletrica>



fgv.br/energia

