

Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento

Luiz Felipe Hupsel Vaz
Daniel Chiari Barros
Bernardo Hauch Ribeiro de Castro*

Resumo

A eletrificação é a principal alternativa para melhorar a eficiência energética e reduzir sensivelmente o impacto ambiental dos veículos automotores. Apesar da ainda baixa penetração mundial, a eletrificação veicular plena tem capacidade de reconfigurar a indústria automotiva. A concepção da engenharia do veículo é substancialmente diferente, trazendo oportunidades para novos entrantes e novas tecnologias. No Brasil, poucos são os incentivos, resultando em um mercado ainda menor. O presente artigo traz uma discussão sobre as políticas públicas presentes em outros países e uma avaliação preliminar de sua aplicação no Brasil. Há um conjunto amplo de políticas que podem ser adotadas, com maior ou menor custo. Cabe ao Brasil eleger a eficiência energética como meta, abrindo espaço para veículos mais limpos e para as transformações industriais inerentes a tal escolha.

* Respectivamente, engenheiro, economista e gerente do Departamento das Indústrias Metalmeccânica e de Mobilidade da Área Industrial do BNDES. Os autores agradecem os comentários de Antônio Marcos Hoelz Pinto Ambrozio e Haroldo Fialho Prates, isentando-os da responsabilidade por eventuais erros remanescentes.

Introdução

Tradicionalmente, os veículos são movidos por um motor a combustão interna, em geral a gasolina ou a diesel, em que uma mistura ar/combustível sofre compressão. A explosão resultante desse processo gera movimento. Esses motores têm níveis de eficiência que beiram os 40%, havendo grandes perdas em todo o processo, principalmente na forma de energia térmica. Além disso, a queima na câmara de combustão gera diversos gases nocivos, que são expelidos pelo escapamento.

Os motores elétricos têm níveis de eficiência superiores. Se considerada toda a sequência, desde a entrada da energia elétrica até o movimento das rodas, a eficiência total em um veículo puramente elétrico é de aproximadamente 59% a 62%.¹ Já em um modelo a combustão interna, a eficiência da conversão da energia contida no combustível para o que gera movimento é de 17% a 21% [US Department of Energy (2014)].

Os gases do escape dos sistemas a combustão contêm, além de dióxido de carbono (CO₂) e água, outros subprodutos, entre os quais: hidrocarbonetos não queimados (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂) e material particulado² (MP). Estes últimos, em especial nos grandes centros urbanos, têm ligação direta com doenças cardiorrespiratórias e são cancerígenos [WHO (2012)]. Estima-se que, apenas na cidade de São Paulo, quatro mil pessoas morram por ano por problemas causados pela poluição do ar, gerando custos de US\$ 1,5 bilhão ao Estado. Em comparação, a AIDS causa cerca de mil mortes ao ano [Saldiva (2010)].

Nos veículos puramente elétricos, a propulsão é somente elétrica, não havendo motor a combustão. Nos veículos denominados Battery Electric Vehicles (BEV) – o tipo mais frequente de modelo puramente elétrico –, a energia provém da bateria e a recarga é feita pela conexão à rede elétrica. Há ainda os Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV) – cuja carga das baterias é feita por uma célula-combustível, normalmente a hidrogênio – e os trólebus – que, a princípio, não dispõem de baterias, estando constantemente conectados à rede elétrica.

¹ Eficiência do motor elétrico assumida entre 72,4% e 76,2%, já ajustada para perdas no inversor, na transmissão e nos sistemas auxiliares. Eficiência da bateria e do carregador estimada em 81% (90% cada). Logo, a eficiência total do sistema fica entre 59% a 62% [US Department of Energy (2014)].

² “São partículas de material sólido ou líquido que podem conter uma variedade de componentes químicos. São classificados de acordo com seu tamanho, sendo que grande parte do MP de origem veicular tem diâmetro menor do que 2,5µm, podendo ser referido como MP_{2,5}” [Brasil (2011, p. 19)].

Os híbridos, por sua vez, são intermediários. Veículos híbridos (Hybrid Electric Vehicles – HEV) são aqueles que combinam um motor a combustão interna com um ou mais motores elétricos para propulsão. Por combinar os dois tipos, os motores têm menor porte que nas configurações plenas. A hibridização ocorre por meio de diferentes arquiteturas (série, paralelo) e níveis (micro, *mild*, *full*), amplamente discutidos na literatura [Castro e Ferreira (2010); Husain (2011); Mehrdad, Yimin e Ali (2010)]. Em linhas gerais, quanto maior o nível de hibridização, maiores o motor elétrico, o alternador e a bateria e menor o motor a combustão.

Os HEVs, contudo, não dispõem de estrutura para conexão à rede elétrica. Não há cabo nem conector para recarregar a bateria diretamente. A carga provém do próprio motor a combustão e de mecanismos como frenagem regenerativa, que recarregam a bateria. O usuário precisa, portanto, abastecer o veículo com combustível. Os veículos com a possibilidade de recarga diretamente da rede elétrica são denominados Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) e têm fundamentalmente a mesma configuração de um *full hybrid*. A diferença está nos componentes elétricos (como motor, alternador e bateria), que são ainda maiores e possibilitam a operação integralmente em modo elétrico, já que a bateria pode ser recarregada diretamente na rede. Os HEVs e PHEVs são de 30% a 40% mais eficientes que os modelos tradicionais a combustão interna, além de emitirem menos gases.

Contudo, híbridos e elétricos têm limitações por não estarem no mesmo grau de maturidade tecnológica que os veículos a combustão. O alto custo das baterias, o elevado tempo de recarga, a carente infraestrutura de recarga e a limitada autonomia são alguns dos principais inibidores à adoção em massa desses veículos. Mas as vantagens de eficiência energética, o menor impacto ambiental local e global e a redução da dependência do petróleo, sempre envolvido em complexas questões geopolíticas, sobrepõem-se às limitações e têm levado alguns países a adotarem políticas públicas de incentivo à oferta e à demanda de híbridos e elétricos.

Os estímulos são diversos e podem ser de natureza financeira, fiscal ou até mesmo não monetária, com tendência maior de apoio aos elétricos puros e não aos híbridos. Nos Estados Unidos da América (EUA), por exemplo, é concedido um crédito de até US\$ 7,5 mil ao preço de venda do veículo, de acordo com o tamanho da bateria. Na Noruega, há isenção de imposto de venda (IVA) e taxas de licenciamento. No Reino Unido, há um programa

de apoio à instalação de infraestrutura de recarga que totaliza £ 37 milhões (cerca de US\$ 55 milhões). Além desses, há benefícios não monetários, como liberação de tráfego por faixas exclusivas, estacionamento diferenciado e isenção de pedágio.

Em alguns desses países, os resultados já aparecem. Nos EUA, maior mercado automotivo mundial, foram licenciados cerca de 63 mil veículos puramente elétricos e 544 mil híbridos (HEV e PHEV) em 2014, somando o equivalente a 3,5% das vendas totais. A Noruega é o país com a maior participação relativa de elétricos puros nos novos licenciamentos, com 4% de todos os novos veículos. No mundo todo, em 2013, foram licenciados 1,6 milhão de veículos híbridos (HEV e PHEV) e 105 mil puramente elétricos. Isso equivale a aproximadamente 2% de todos os licenciamentos globais. No Brasil, em 2014, foram licenciados apenas 855 veículos híbridos ou elétricos, em um total de cerca de 3,3 milhões [Anfavea (2014); MarkLines (2014)].

Apesar da ainda baixa penetração mundial, a eletrificação veicular plena tem capacidade de reconfigurar a indústria automotiva. A concepção da engenharia do veículo é substancialmente diferente, trazendo oportunidades para novos entrantes e novas tecnologias. O objetivo do presente trabalho é, portanto, sugerir políticas públicas para favorecer a difusão de veículos híbridos e elétricos no Brasil, com o objetivo de alcançar um mercado mais eficiente energeticamente, mais sustentável e que induza a inovação no país.

Breve histórico do veículo elétrico

No início do século XX, existiam mais veículos elétricos do que a combustão interna circulando nas ruas. Como na maioria das indústrias nascentes, a automotiva viveu uma disputa de padrões tecnológicos em seu início, que incluía até o veículo movido a vapor. Os veículos elétricos contavam com inúmeras vantagens em relação a seus concorrentes na virada para o século XX. Primeiramente, eram mais fáceis de operar, pois não requeriam troca de marchas, como os modelos a gasolina. Também não havia vibração, barulho e odor resultantes da operação do motor a combustão. Os veículos a gasolina necessitavam do acionamento manual de uma manivela para iniciar a operação, uma vez que a partida elétrica só foi criada posteriormente. Nesse momento, os Estados Unidos (EUA) eram o maior mercado global e possuíam cerca de 90 mil veículos registrados. Desses, 40% eram movidos

a vapor, 38% eram elétricos e 22% eram a gasolina [Bellis (2014); Electric Vehicles News (2014)].

Contudo, mesmo com as vantagens da tração elétrica, as próximas décadas viram o estabelecimento do motor a combustão interna como padrão da indústria. Em 1912, Charles Kettering inventou a partida elétrica, eliminando todas as inconveniências do acionamento manual via manivela. Nessa mesma época, o silenciador, inventado em 1897, é incorporado ao automóvel, reduzindo consideravelmente o ruído de operação. Em 1913, Henry Ford inicia o primeiro sistema de produção em massa na empresa que carrega seu nome. O objetivo era massificar o produto e torná-lo o mais barato possível. Até então, os carros eram itens de luxo, voltados às classes mais ricas, e sua produção era artesanal. Um carro a gasolina passou a ser vendido por US\$ 650 (valor equivalente a US\$ 15.617 em 2014) em face de US\$ 1.750 de um elétrico (valor equivalente a US\$ 42.045 em 2014) [Bellis (2014); Electric Vehicles News (2014)].

A infraestrutura e os custos associados ao veículo também foram decisivos. No início do século XX, as áreas rurais não tinham acesso à eletricidade, e as urbanas tinham sérias limitações. Já existia algum tipo de iluminação elétrica em vias públicas, mas dentro das residências era algo restrito aos mais ricos. Além disso, o desenvolvimento econômico das cidades americanas implicou um sistema melhor e maior de estradas, o que aumentou a demanda por veículos de maior autonomia.

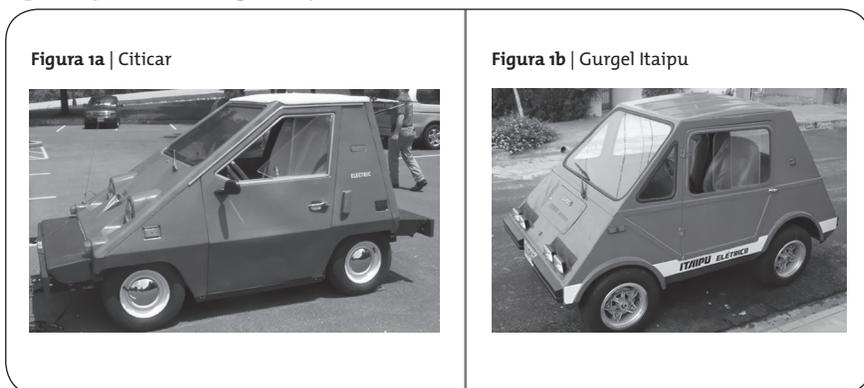
Para a maior autonomia se justificar, o preço do combustível deveria ser acessível. Também no início do século XX foram descobertas reservas de petróleo no Texas, o que tornou a gasolina barata e de fácil acesso. Diversos postos de abastecimento surgiram pelo país e o carro a combustão interna tornou-se o padrão dominante da indústria. A gasolina abundante e barata impedia o desenvolvimento de quaisquer tecnologias alternativas.

Tal domínio só foi novamente ameaçado na crise do petróleo dos anos 1970. O embargo dos países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) resultou em escassez no fornecimento de petróleo e aumento considerável do preço do barril, o que impactou diretamente a gasolina. Antes baratos e abundantes, a crise levou diversos países a repensarem suas políticas em relação aos combustíveis fósseis. Havia clara necessidade de maior independência no fornecimento desses insumos e de desenvolvimento de tecnologias alternativas de propulsão, entre essas a elétrica [Matulka (2014)].

Um desses países foi os EUA. Em 1976, foi promulgado o Electric and Hybrid Vehicle Research, Development, and Demonstration Act, que autorizou o Ministério de Energia a apoiar projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em veículos híbridos e elétricos. Nessa mesma época, as empresas Sebring-Vanguard e American Motors Corporation (AMC) apresentaram carros elétricos comerciais. A primeira fabricava um pequeno carro elétrico para uso urbano, o Citicar (Figura 1a), que vendeu cerca de duas mil unidades. A segunda produziu 350 comerciais leves, denominados Electrucks, para uso dos correios americanos. O Electruck alcançava uma velocidade máxima de 53 km/h, sua autonomia era de apenas 47 km (em razão do regime de operação de constantes paradas para entregas), sua recarga levava cerca de oito horas e ele custava o dobro do preço de um modelo similar movido a combustível fóssil [USPS (2014)].

No Brasil, o desenvolvimento de veículos elétricos foi tímido, pois o principal foco da política pública à época foi o Programa Nacional do Álcool (Proálcool).³ Ainda assim, merece destaque o protótipo nacional Gurgel Itaipu (Figura 1b), com motor elétrico de 3,2 kW (4,2 cv), velocidade máxima de 50 km/h e autonomia entre 60 km e 80 km. Contudo, as limitações de *performance*, o preço acima das opções tradicionais e o fim do embargo dos países da Opep contribuíram para um novo período de esquecimento do veículo elétrico até os anos 1990 [Pereira (2007)].

Figura 1 | Citicar e Gurgel Itaipu



Fonte: Wikimedia Commons. (Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:GreenComutaCar.jpg>> e <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Gurgel_Itaipu_E150.jpg>.)

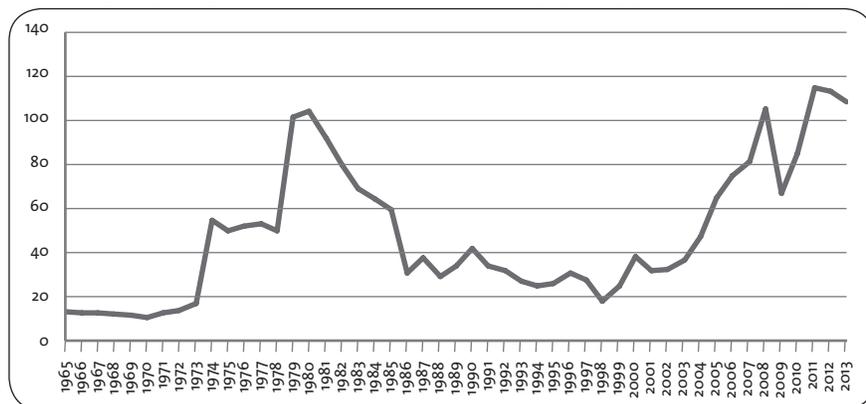
³ Criado em 14 de novembro de 1975 pelo Decreto 76.593.

No fim do século XX, a principal motivação para o ressurgimento do veículo elétrico foi a sustentabilidade ambiental. A Rio-92 foi o evento da Organização das Nações Unidas (ONU) que marcou por despertar maior conscientização global pela melhoria da qualidade do ar nas cidades, pela redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e pela substituição de combustíveis fósseis por energias alternativas. O efeito no setor automotivo foi a busca por veículos mais eficientes e com menor impacto ambiental, retomando o interesse pela eletrificação veicular. Em 1997, é lançado no Japão o primeiro veículo híbrido produzido em massa, o Toyota Prius.

Já nos anos 2000, mais um aspecto passou a contribuir de forma significativa para incentivar a eletrificação veicular. O preço do petróleo voltou a subir e alcançou níveis superiores aos do embargo dos anos 1970 (Gráfico 1), impactando diretamente os combustíveis derivados. No Brasil, apenas de 2000 a 2010, o mercado automotivo cresceu 136%, com grande participação dos veículos *flex-fuel*, que se tornaram os mais licenciados entre os leves⁴ (Gráfico 2). Os licenciamentos de veículos pesados (caminhões e ônibus) cresceram 117% no mesmo período [Anfavea (2014)].

Tamanho crescimento gerou impactos na demanda por energia e nas emissões do país. Cabe, portanto, analisar o perfil brasileiro de consumo de energia e de emissões do setor de transportes, para que se possa, então, analisar os impactos da eletrificação veicular no país, o que será realizado na próxima seção.

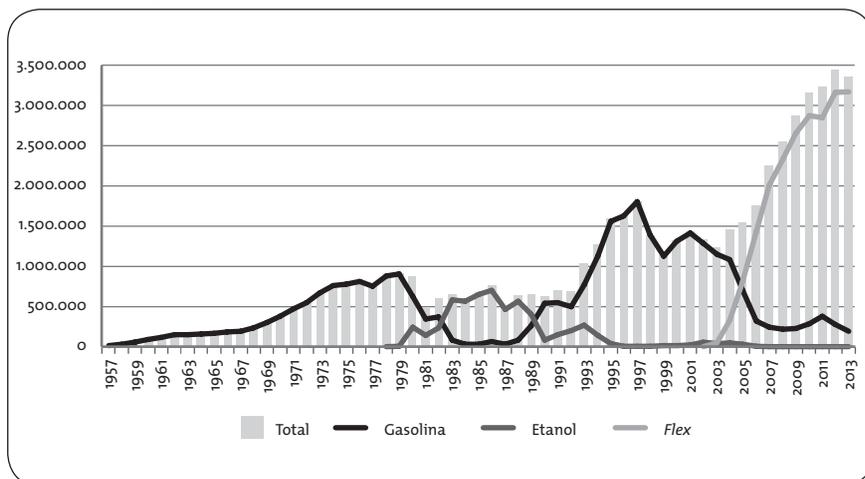
Gráfico 1 | Preço do petróleo bruto: série histórica 1965-2013 (em US\$ de 2013)



Fonte: Elaboração própria, com base em BP (2014).

⁴ Veículos leves, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), são os automóveis e os comerciais leves.

Gráfico 2 | Brasil total de licenciamentos por combustível: série histórica 1957-2013 (em unidades)



Fonte: Elaboração própria, com base em Anfavea (2014).

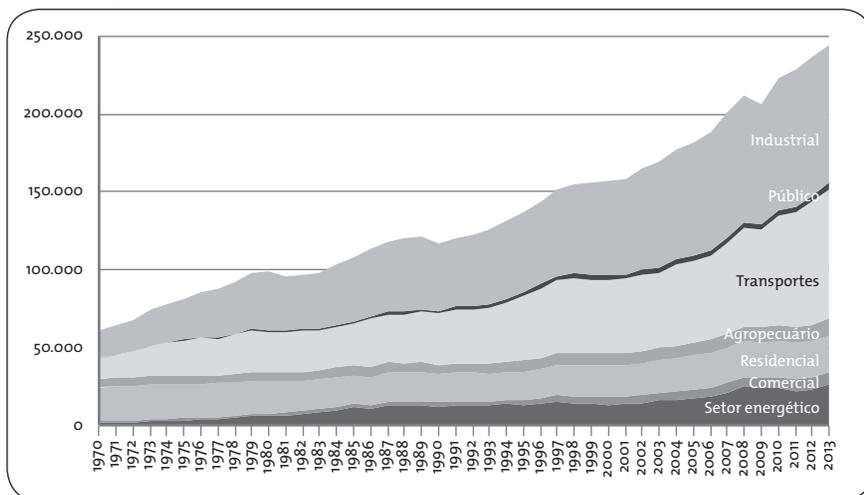
Contexto brasileiro

O setor de transportes desempenha papel crucial em qualquer economia, seja na movimentação de pessoas seja na de cargas. O correto entendimento do perfil da matriz de transportes de um país é um passo necessário e fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas, pois se trata de um setor de alta demanda energética, grande impacto ambiental e causador de diversas externalidades positivas e negativas.

O setor de transportes é o segundo maior consumidor de energia do país, atrás apenas da indústria (Gráfico 3). Desde 1970, a demanda cresceu a uma taxa média de 4,4% ao ano, enquanto o Produto Interno Bruto (PIB) cresceu o equivalente a 3,9% ao ano. Em 2013, liderou o aumento da demanda energética, crescendo 5,2% e chegando a cerca de 83 milhões de Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP)⁵ ou 31,9% do consumo final brasileiro. A indústria retraiu o consumo em -0,5%, atingindo 88 milhões de TEP. Do total consumido pelo setor de transportes, o predomínio é rodoviário: aproximadamente 92,6% são oriundos desse modo, 4,4% do aéreo, 1,6% do hidroviário e 1,4% do ferroviário [ANP (2014); EPE (2014)].

⁵ É uma unidade de energia definida como o calor liberado na combustão de uma tonelada de petróleo cru.

Gráfico 3 | Consumo final energético por setor no Brasil (10^3 TEP): série histórica 1970-2013



Fonte: Elaboração própria, com base em ANP (2014).

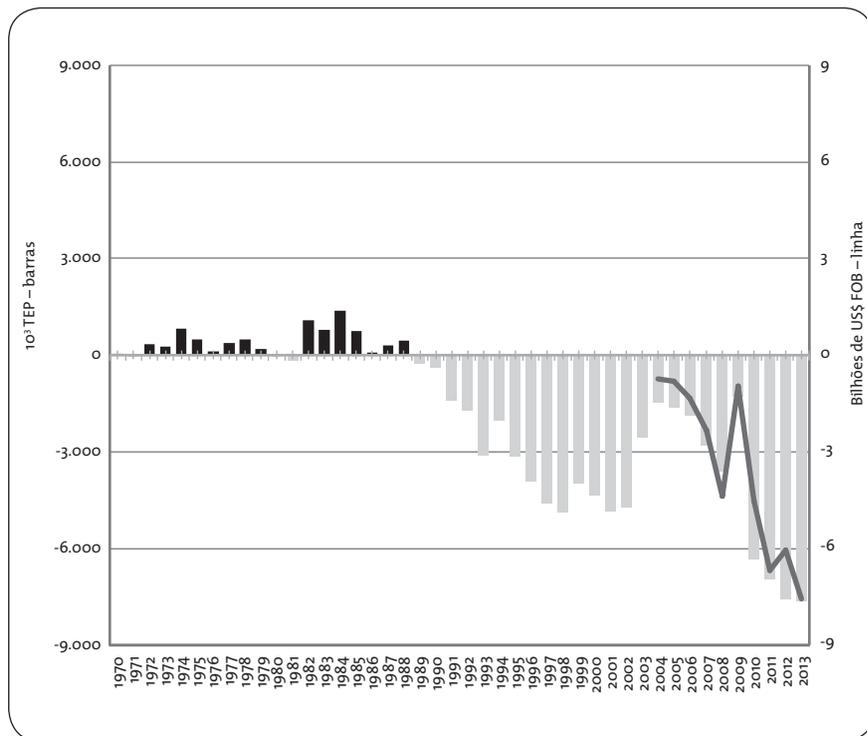
O modo rodoviário é tradicionalmente caracterizado por veículos movidos por combustíveis fósseis. Apesar de a indústria liderar o consumo total de energia, suas fontes são diversas e incluem principalmente eletricidade. Já o setor de transportes tem por base o petróleo, liderando a demanda com 68,9% do consumo final energético de derivados de petróleo. Desse consumo, a principal fonte é o óleo diesel, seguido da gasolina [EPE (2014)]. O primeiro é utilizado predominantemente em ônibus e caminhões, enquanto a gasolina é usada principalmente em automóveis e motocicletas.

Esse perfil de consumo traz duas consequências imediatas: grande dependência desses derivados de petróleo e as emissões associadas. Em relação à dependência, o Gráfico 4 e o Gráfico 5 ilustram a balança comercial brasileira para diesel e gasolina, respectivamente. Nota-se que, em ambas as situações, o país é deficitário, ou seja, há dependência externa desses combustíveis, gerando fragilidades, em especial considerando o perfil predominantemente rodoviário.

Para o diesel, em 2013, o déficit foi de aproximadamente 7,6 milhões de TEP e de US\$ 7,5 bilhões em volume de recursos (Gráfico 4). Na série histórica, o déficit é permanente desde 1989 e agravou-se nos últimos anos. Como a matriz brasileira de transporte de cargas é fortemente concentrada no modo rodoviário, com 67% de todo o volume sendo transportado dessa

maneira [Ilos (2014)], a dependência gera fragilidade estratégica, pressões sobre os custos e potencial impacto inflacionário.

Gráfico 4 | Balança comercial brasileira de diesel: série histórica 1970-2013

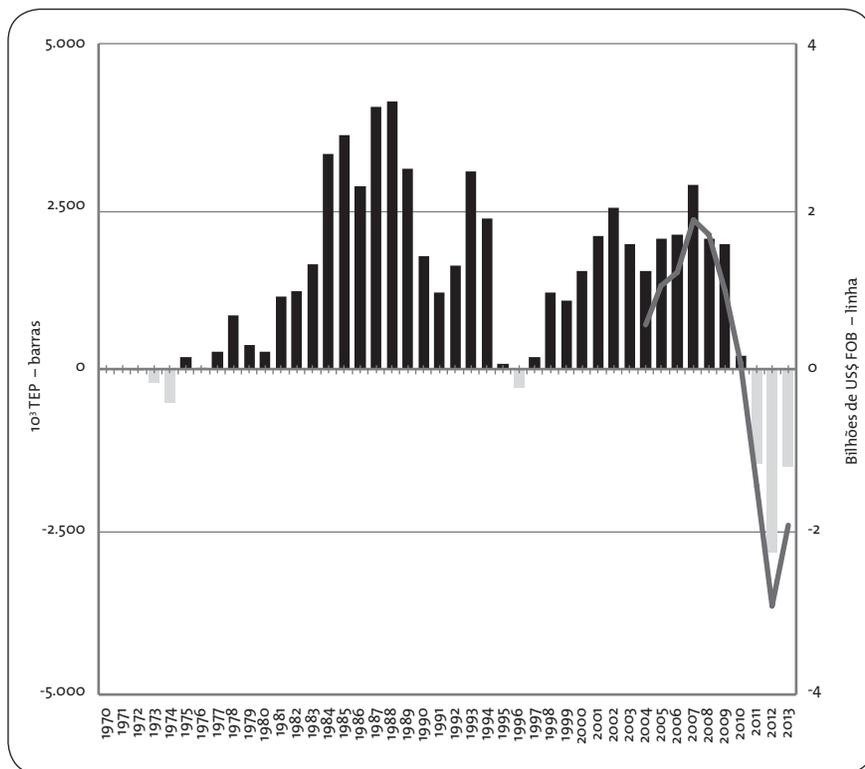


Fonte: Elaboração própria, com base em ANP (2014).

Nota: Valores da balança disponíveis apenas a partir de 2004.

Já em relação à gasolina, o déficit é mais recente e foi da ordem de 1,5 milhão de TEP em 2013 (Gráfico 5). O aumento da frota de automóveis e a menor competitividade do etanol perante a gasolina em alguns estados contribuíram para o crescimento da demanda de gasolina e para a maior necessidade de importações.⁶

⁶ Para os próximos anos, a tendência é de redução do déficit de diesel e aumento do déficit da gasolina, com possibilidade de alcançar o superávit de diesel em 2018. Isso se deve à ampliação e à modernização do parque de refino que privilegia o diesel. Dentre as novas refinarias, merece destaque a Refinaria General Abreu e Lima ou Refinaria do Nordeste, que inaugurou uma primeira etapa de operação em dezembro de 2014 e que terá uma segunda etapa de operação ainda sem previsão de inauguração [EPE (2013); Nascimento (2015)].

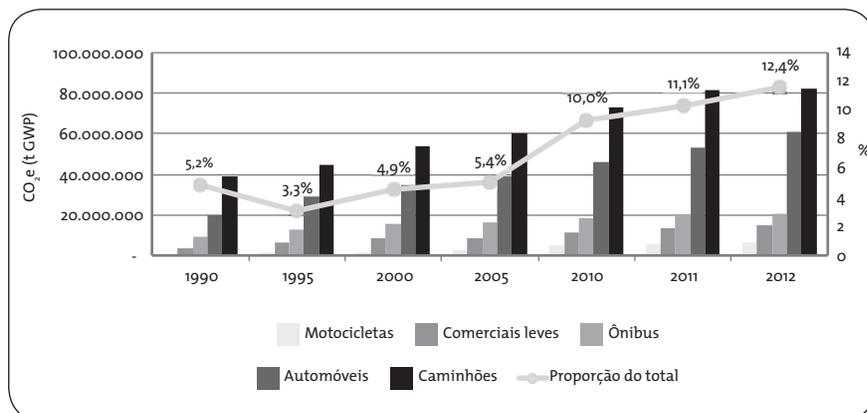
Gráfico 5 | Balança comercial brasileira de gasolina tipo A: série histórica 1970-2013

Fonte: Elaboração própria, com base em ANP (2014).

Nota: A gasolina tipo A é a produzida pelas refinarias. A vendida ao consumidor final é a gasolina tipo C, com adição de etanol anidro na proporção estabelecida pela legislação.

A queima desses combustíveis pelos veículos leva à emissão de gases nocivos à saúde e ao meio ambiente. De fato, com o crescimento significativo da frota brasileira, o setor de transportes passou a responder por 12,4% das emissões totais de GEE do país, número bem superior aos 3,3% de 1995, com automóveis e caminhões liderando a quantidade de emissões, mesmo com as diversas regulamentações para redução (Gráfico 6). Os veículos a diesel são, ainda, responsáveis pela emissão de quase todo o material particulado que, conforme já exposto, é cancerígeno e altamente nocivo à saúde. Cabe ressaltar, contudo, que o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (Promot) vêm reduzindo essas emissões por meio regulatório (Gráfico 7).

Gráfico 6 | Emissões brasileiras por tipo de veículo em CO₂e (t GWP)* e proporção do total das emissões brasileiras de GEE oriundas de veículos

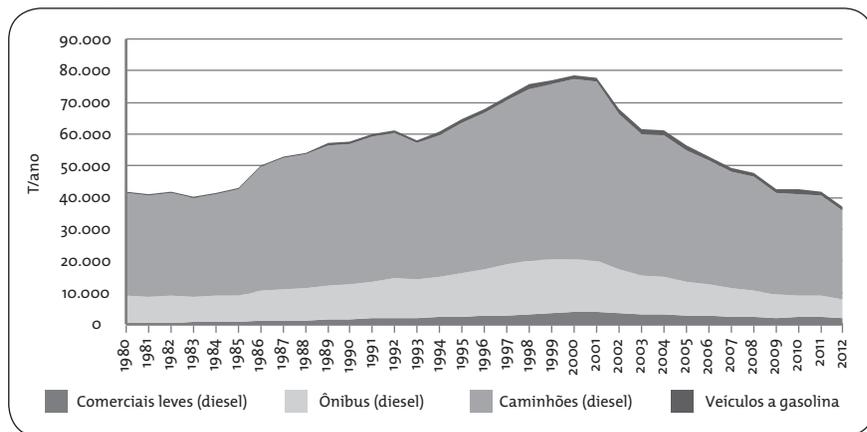


Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil (2014a).

Notas: CO₂e, ou equivalente em dióxido de carbono, é uma métrica que expressa o potencial de aquecimento global de diversos gases caso fossem emitidos como CO₂. Gases considerados: CH₄ (metano), CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono), N₂O (óxido nitroso), NMVOC (compostos orgânicos voláteis, com exceção do metano), NO_x (óxidos de nitrogênio).

* Global Warming Potential.

Gráfico 7 | Emissões de MP⁷



Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil (2014a).

Nota: Apenas emissões de material particulado oriundas do escapamento.

⁷ Mesmo com o aumento da frota de veículos pesados no Brasil, as emissões de MP apresentaram queda nos últimos anos. A partir da década de 1990, foram estabelecidos os primeiros limites legais às emissões e, desde então, a legislação foi se tornando mais restritiva a cada revisão: do Proconve P2 ao P6, a redução de MP foi da ordem de trinta vezes.

É importante notar que mesmo os automóveis movidos a etanol emitem GEEs. A utilização do etanol em substituição à gasolina reduz a dependência externa do derivado de petróleo, mas as emissões precisam ser analisadas com cautela. O etanol é dito de ciclo fechado de absorção-liberação de carbono, pois a cana-de-açúcar absorve o CO_2 da atmosfera, em especial durante a fase de crescimento.

Contudo, é necessário observar a localização das emissões. Os grandes centros urbanos, por exemplo, notoriamente sofrem com altos índices de poluição, que, a princípio, não seriam solucionados com veículos a etanol. Por mais que as plantações absorvam o carbono da atmosfera, a população urbana continuaria sofrendo seus impactos diretos. A adoção em massa de veículos puramente elétricos merece igual cautela: é necessária uma matriz de geração de eletricidade limpa para que o balanço global seja positivo. Caso contrário, um incentivo à adoção de veículos elétricos poderia penalizar a sociedade, pois implicaria a produção de mais energia elétrica de forma não sustentável, diminuindo as emissões nos centros urbanos, mas aumentando no local da geração.

O Brasil tem uma matriz elétrica predominantemente limpa⁸ e renovável. De fato, a participação de renováveis foi de 79,3% em 2013, perante uma média de apenas 20,3% no resto do mundo, fortemente impulsionada pela geração hidráulica. Cabe ressaltar, contudo, que, nos últimos anos, houve um aumento considerável da participação de termelétricas no parque de geração brasileiro, especialmente aquelas movidas a gás natural. Isso impactou negativamente as emissões do segmento de geração de eletricidade, que subiram de 87,2 milhões t/CO_2 em 2005, ou 3,71% do total brasileiro, para 145,6 milhões t/CO_2 em 2012, ou 9,78% do total [EPE (2014)].

É fundamental, portanto, analisar o impacto que a adoção de veículos elétricos geraria na matriz de geração brasileira sob dois prismas: consumo de energia elétrica e emissões globais. Alguns estudos trazem relevantes contribuições para a análise do impacto do veículo elétrico na matriz brasileira [Baran (2012); Borba (2012); Sperandio, Saldanha e Basso (2012); Simon (2013)]. Segundo Borba (2012), a principal questão é a potência necessária no momento de recarga do veículo, e não a energia demandada: se,

⁸ Há ampla discussão na literatura sobre o impacto das emissões resultantes da decomposição da matéria orgânica presente nos reservatórios das hidrelétricas. Em recente estudo sobre as hidrelétricas brasileiras, identificou-se que, à exceção da usina Balbina, as emissões de hidrelétricas são substancialmente menores do que as equivalentes termelétricas [Eletrabras e Coppe-UF RJ (2014)].

em 2011, 20% de toda a frota de veículos leves no Brasil fosse elétrica, a demanda de energia seria equivalente a menos de 2% do total. Contudo, se esses veículos efetuassem recarga ao mesmo tempo, seria necessária uma potência bem maior, que poderia gerar impactos de até 20% na demanda máxima de energia, dependendo do modo de carga.⁹

Contudo, ao se observar as vendas de veículos elétricos no mundo, a frota de nenhum país é próxima de 20% de elétricos. O país com o maior participação de elétricos nos novos licenciamentos é a Noruega, com cerca de 4%. Os demais países têm números abaixo de 1%, conforme será mais bem abordado na seção “Mercado Global de Veículos Híbridos e Elétricos e Efetividade das Políticas Públicas”. Portanto, a frota de elétricos é naturalmente ainda menor, gerando impacto desprezível na demanda de energia. Ademais, em relação ao balanço energético total, de acordo com Baran (2012), mesmo que houvesse aumento significativo da frota de elétricos, o ganho seria considerável, pois o veículo elétrico é mais eficiente e compensa o combustível fóssil que deixaria de ser consumido, gerando economias. Sperandio, Saldanha e Basso (2012) sugerem que seja controlada a interface do veículo elétrico com a rede, fazendo com que ele forneça energia em horários críticos e se recarregue durante o período de baixa demanda (de madrugada, estacionado na garagem), usando tecnologias de *smart grid* e *vehicle to grid*.

O processo de difusão do carro elétrico em todo mundo vem ocorrendo de forma gradativa, o que permite o planejamento do investimento. Na medida em que a frota aumentar, pode-se estimar que a necessidade de maiores investimentos vai ocorrer primeiramente na distribuição de energia elétrica, para suportar a carga dos veículos. Para que os benefícios do veículo elétrico sejam maximizados, é crucial que o aumento em geração seja suprido por novos investimentos que privilegiem fontes renováveis e de baixas emissões. Segundo Wilson (2013), se for mantido o arranjo da matriz de geração brasileira, a adoção de veículos elétricos no país traz benefícios ambientais, pois reduz as emissões globais.

⁹ O modo de carga dita a taxa em que a bateria será recarregada. Pode ser em Corrente Alternada (AC) ou Corrente Contínua (DC). Segundo a norma SAE J1772, a recarga pode ser AC Level 1 (120 V; 1,4 kW; 12 A ou 120 V; 1,9 kW; 16 A); AC Level 2 (240 V, até 19,2 kW, 80 A); DC Level 1 (200 V-450 V, 36 kW, 80 A); DC Level 2 (200 V-450 V, até 90 kW, 200 A) [SAE (2011)].

Políticas públicas no mundo

Os principais países do mundo vêm adotando uma série de medidas para incentivar a difusão de veículos híbridos e elétricos. Os incentivos observados são os mais variados e visam, além de tornar a solução economicamente atraente, superar, no caso dos puramente elétricos, obstáculos iniciais como a escassez de infraestrutura de abastecimento e a baixa autonomia. Ademais, benefícios não monetários, como faixas de rolagem exclusivas, estacionamento preferencial, entre outros, já estão em vigência em alguns locais e figuram como importantes diferenciais na decisão de compra do consumidor. Em grandes centros urbanos, onde o tráfego é intenso e há escassez de vagas, esses benefícios tornam-se especialmente relevantes. Os incentivos não monetários podem, portanto, ter considerável efeito sem requerer esforço fiscal por parte dos governos locais. Nas subseções a seguir, serão apresentadas as principais políticas de incentivo à oferta e à demanda que vêm sendo utilizadas ao redor do mundo. Na seção “Mercado Global de Veículos Híbridos e Elétricos e Efetividade das Políticas Públicas”, poderá ser observado que muitos países que apoiam a tecnologia vêm obtendo resultados significativos no tocante ao volume de vendas de veículos híbridos e elétricos.

Políticas de incentivo à oferta

Os incentivos à oferta vão desde o suporte à atividade de P&D em baterias, células a combustível e veículos elétricos até o estabelecimento de normas mais rígidas para a redução das emissões de poluentes e de padronização de componentes como o carregador veicular.

P&D

Os principais países desenvolvidos vêm investindo recursos em P&D para avançar no domínio tecnológico dos veículos elétricos e de seus componentes centrais, como bateria, inversor, motor etc. Como exemplo, no Reino Unido, o Conselho Estratégico de Tecnologia identificou sessenta projetos de P&D voltados a iniciativas de baixo carbono. Na Suécia, € 2,5 milhões (cerca de US\$ 3 milhões) foram destinados à atividade de P&D em baterias. Já no Japão, há uma concentração no desenvolvimento de infraestrutura. Na Alemanha, o apoio financeiro está mais direcionado à parte mecânica, à criação de uma cadeia integrada de valor, além de tecnologia

de informação e comunicação e baterias. Nos EUA, o orçamento de 2012, de US\$ 268 milhões, esteve concentrado em baterias, células a combustível, sistemas veiculares e infraestrutura [IEA (2013)].

Nos países em desenvolvimento, alguns esforços merecem destaque. Na China, aproximadamente 7 bilhões (cerca de US\$ 1,1 bilhão) estão sendo direcionados para projetos de demonstração da tecnologia e de sua viabilidade [IEA (2013)]. Na Índia, em janeiro de 2013, foi lançado o Plano Nacional de Mobilidade Elétrica 2020. A estrutura prevê uma estreita colaboração entre governo, indústria e academia e tem como meta posicionar o país como um dos líderes nesse mercado. Um conselho nacional para mobilidade elétrica irá gerenciar os esforços de P&D e de desenvolvimento de infraestrutura. O esforço de P&D acordado tem cinco prioridades. No topo estão células de bateria e, em seguida, sistemas de gerenciamento da bateria (BMS), eletrônica de potência, motor elétrico e sistemas de transmissão. O governo ambiciona vendas de seis a sete milhões de veículos em 2020, considerando os segmentos de duas e quatro rodas híbridos, híbridos *plug-in* e elétricos puros. Na Coreia do Sul, o governo vem estimulando os veículos verdes desde 2004, quando estabeleceu uma lei para seu desenvolvimento e difusão, que, todavia, não trouxe resultados imediatos. Em fevereiro de 2011, oito tópicos de P&D foram escolhidos como prioritários, dos quais cinco para VEs tradicionais (motor, sistemas de arrefecimento e refrigeração, redução de tamanho do veículo e das peças, baterias e carregadores) e um para veículos a célula a combustível (*stacks*).¹⁰ Os tópicos restantes referem-se a diesel mais limpo. Metas de avanço foram estabelecidas para os tópicos [Swedish Agency for Growth Policy Analysis (2013)].

Metas de emissões

A maioria dos países desenvolvidos conta com regulamentações específicas para aferição e controle dos níveis de emissão de poluentes e consumo de combustível. Na União Europeia, as metas de emissões de dióxido de carbono (CO₂) estão continuamente sendo revistas, exigindo mais tecnologia das montadoras. Para o ano de 2020, a meta de emissões para os veículos leves está fixada em 95 g CO₂/km, de acordo com o New European Driving

¹⁰ Para atingir a potência e a voltagem desejadas, várias células a combustível são dispostas em série, aumentando-se a tensão. A esse conjunto de células a combustível dá-se o nome de *stack*. Para detalhes, ver Sartori (2002).

Cycle¹¹ (NEDC), uma redução de cerca de 27% em relação à legislação vigente no período de 2012 a 2015 (130 g CO₂/km). Para alcançar a meta, uma maior hibridização e/ou eletrificação de parte dos veículos será necessária [McKinsey & Company (2014)].

Nos EUA, as metas também são fixadas no longo prazo, sendo posteriormente desdobradas em metas anuais, facilitando a programação dos fabricantes e a definição das agendas de P&D. O ciclo de teste Federal Test Procedure (FTP)-75 é usado para mensurar as emissões dos automóveis e comerciais leves em condições urbanas. Já o ciclo de teste Highway Fuel Economy Test (HWFET) mede as emissões dos veículos leves em condições de estrada.¹² Estima-se que as metas podem reduzir a dependência de petróleo em dois milhões de barris/dia em 2025¹³ e promover uma economia acumulada de US\$ 1,7 bilhão em combustível pelas famílias.

Normas cada vez mais restritivas tendem a abrir espaço para os veículos elétricos. O Quadro 1 mostra um levantamento de regulamentações de emissões em diversos países. Destaca-se que elas diferem fundamentalmente em dois aspectos: quanto ao ciclo de condução e ao parâmetro para mensuração da frota. Há convergência em três ciclos diferentes: os países americanos normalmente utilizam o ciclo criado nos EUA; Europa, China e Índia utilizam o ciclo europeu; e o Japão utiliza um ciclo próprio. Tais ciclos consistem em procedimentos padronizados que buscam reproduzir o amplo conjunto de situações reais de trânsito enfrentadas pelos motoristas. Quanto ao parâmetro de mensuração da frota, há duas formas adotadas. A primeira utiliza a soma da massa dos veículos comercializados. A segunda utiliza o *footprint*,¹⁴ que é uma medida da área de sombra do veículo.

¹¹ Para detalhes sobre o ciclo de teste NEDC, ver <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.php>.

¹² Em 1996, foi realizada uma revisão na regulamentação norte-americana a fim de superar as falhas que o ciclo FTP-75 apresenta. Tal revisão criou dois novos ciclos de testes complementares, o US06 e o SC03. O primeiro reproduz condições de alta velocidade, alta aceleração e comportamento agressivo e o segundo reproduz emissões associadas ao uso do ar-condicionado. Detalhes em: <<http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/approaches/information/testcycles.asp#US>> e <<http://www.epa.gov/nvfe/testing/regulations-vehicles.htm>>.

¹³ O consumo atual dos Estados Unidos é de cerca de vinte milhões de barris/dia.

¹⁴ *Footprint* é a área entre eixos de veículos, dada pelo produto da distância entre eixos (definida como a distância entre os centros da roda dianteira e traseira) pela bitola (distância transversal média entre os centros das bandas de rodagem dos pneus).

Quadro 1 | Panorama global sobre regulamentações de emissões (levantamento não exaustivo)

País/ região	Ano-alvo	Meta de emissões convertidas para o ciclo NEDC*	Parâmetro para aferição da média corporativa	Frota-alvo	Ciclo de teste
Brasil	2017	138 g CO ₂ /km	Peso	Automóveis/ comerciais leves	Comb. (FTP-75 + HWFET)
Canadá	2025	97 g CO ₂ /km	<i>Footprint</i>	Automóveis	Comb. (FTP-75 + HWFET)
Canadá	2025	141 g CO ₂ /km	<i>Footprint</i>	Comerciais leves	Comb. (FTP-75 + HWFET)
China	2015	161 g CO ₂ /km	Peso e por veículo	Automóveis/ comerciais leves	NEDC
China (proposta)	2020	117 g CO ₂ /km	Peso e por veículo	Automóveis/ comerciais leves	NEDC
Coreia do Sul	2015	145 g CO ₂ /km	Peso	Automóveis	Comb. (FTP-75 + HWFET)
Coreia do Sul (proposta)	2020	97 g CO ₂ /km	Peso	Automóveis	Comb. (FTP-75 + HWFET)
EUA	2025	97 g CO ₂ /km	<i>Footprint</i>	Automóveis	Comb. (FTP-75 + HWFET)
EUA	2025	141 g CO ₂ /km	<i>Footprint</i>	Comerciais leves	Comb. (FTP-75 + HWFET)
Índia	2021	113 g CO ₂ /km	Peso	Automóveis	NEDC
Japão	2020	122 g CO ₂ /km	Peso	Automóveis	JC08
Japão	2015	155 g CO ₂ /km	Peso	Comerciais leves	JC08
México	2016	145 g CO ₂ /km	<i>Footprint</i>	Automóveis	Comb. (FTP-75 + HWFET)
México	2016	196 g CO ₂ /km	<i>Footprint</i>	Comerciais leves	Comb. (FTP-75 + HWFET)
União Europeia	2021	95 g CO ₂ /km	Peso	Automóveis	NEDC
União Europeia	2020	147 g CO ₂ /km	Peso	Comerciais leves	NEDC

Fonte: Elaboração própria, com base em Yang (2014).

* Alguns países estabelecem as metas em consumo de combustível e não em emissões de CO₂. A conversão foi realizada pelo International Council on Clean Transportation (ICCT), segundo metodologia disponível em Kühlwein, German e Bandivadekar (2014).

Vários países estabelecem créditos adicionais para veículos inovadores, permitindo que montadoras que lancem veículos elétricos ou híbridos sejam mais beneficiadas no atendimento às metas. Cabe ressaltar também que, além das legislações sobre as emissões de dióxido de carbono, outras regulamentações de emissões de outros gases também estão tornando-se mais restritivas.

Os governos também vêm estipulando metas de adoção de veículos elétricos, reforçando o compromisso de reduzir o consumo de combustíveis fósseis e de acelerar a difusão da tecnologia elétrica. A meta conjunta da União Europeia é ter entre oito milhões a nove milhões de veículos elétricos em circulação até 2020, cerca de 3% da frota total projetada. França, Alemanha e Holanda, por exemplo, têm metas de dois milhões, um milhão e duzentos mil veículos, respectivamente [McKinsey & Company (2014)].

Padronização e harmonização de normas

Os esforços para a harmonização de normas entre os países são importantes para estimular a produção de veículos elétricos e híbridos, ao reduzir as incertezas dos fabricantes e as barreiras à entrada entre os países. Nessa direção, cabe destacar o estabelecimento das normas de segurança para colisão frontal (ECE R94), lateral (ECE R95) e para a segurança das baterias de veículos elétricos (ECE R100) por meio do World Forum For Harmonization of Vehicle Regulations,¹⁵ organizado pela United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Essas normas foram criadas em razão das especificidades da arquitetura elétrica e de componentes sensíveis, como a bateria. Atualmente, o Brasil não é signatário de nenhum dos acordos administrados pelo Fórum [ISO (2012)].

A padronização dos componentes centrais também é importante para facilitar o comércio mundial, ampliando os mercados potenciais dos produtos. A atuação apenas nos mercados nacionais não confere, em geral, uma escala suficiente para viabilizar sua produção. Os padrões dos plugues para recarga, por exemplo, já são regulados pela International Electrotechnical Commission (IEC) por meio do padrão IEC 62196-2.¹⁶ Se uma gama vasta de padrões convivesse ao mesmo tempo, muitos fabricantes teriam dificuldade

¹⁵ Para mais detalhes, ver <<http://www.unece.org/trans/main/welwcp29.html>>.

¹⁶ Para mais detalhes, ver <<http://www.greencarcongress.com/2011/10/iec-20111020.html>>.

para se inserir globalmente, configurando-se como mais uma barreira à difusão dos veículos elétricos.

Políticas de incentivo à demanda

No lado da demanda, os incentivos financeiros mais utilizados são os subsídios para a compra de veículos verdes e a redução de impostos e taxas no ato da compra e ao longo da vida útil do veículo. O caso norueguês merece destaque tendo em vista que o governo investiu em diversas frentes e com bastante sucesso, tornando o país uma referência mundial de políticas públicas no tema. A criação de infraestrutura de recarga também é fundamental para a difusão dos veículos elétricos, já que sua ausência limita as situações de uso e implica maior disciplina do motorista. Os veículos puramente elétricos disponíveis atualmente têm autonomia que atende à maior parte dos trajetos diários nas grandes cidades, mas que não permitem viagens maiores sem recargas intermediárias. A recarga diária na residência (ou no local de trabalho) do motorista deve se tornar também um hábito. A existência de infraestrutura, portanto, estimula a demanda por veículos elétricos, na medida em que aumenta suas possibilidades de uso.

Cabe ressaltar que a criação de infraestrutura também estimula a oferta, já que as Original Equipment Manufacturers (OEM) tendem a não produzir e comercializar veículos elétricos em países ou regiões sem a infraestrutura necessária para operá-los. No Quadro 2, encontram-se as principais políticas de estímulo à demanda adotadas em países relevantes selecionados.

Quadro 2 | Políticas públicas de estímulo à demanda por veículos elétricos e/ou híbridos – países selecionados (levantamento não exaustivo)

Região	Países	Incentivos financeiros	Infraestrutura
América do Norte	EUA	Até US\$ 7,5 mil em crédito no valor de venda, de acordo com a capacidade da bateria. Há redução progressiva até o fabricante atingir duzentos mil veículos produzidos. Também há incentivos por parte de alguns estados.	Crédito de imposto de 30% do custo para instalações comerciais de pontos de recarga (limite de US\$ 30 mil). Crédito de imposto de até US\$ 1 mil para instalações residenciais. US\$ 360 milhões destinados à infraestrutura em projetos-piloto.

(Continua)

(Continuação)

Região	Países	Incentivos financeiros	Infraestrutura
Europa	Alemanha	Isenção de taxas de licenciamento.	Quatro regiões foram escolhidas para demonstração de elétricos puros e híbridos <i>plug-in</i> .
	Dinamarca	Isenção de impostos de registro e de licenciamento.	kr 70 milhões (cerca de US\$ 11 milhões) para o desenvolvimento de infraestrutura de recarga.
	Espanha	Subsídios de até 25% no preço do veículo antes dos impostos no montante de até € 6 mil (cerca de US\$ 7 mil).	Incentivos públicos para um projeto-piloto de demonstração. Incentivos para instalação de infraestrutura de recarga em colaboração entre governos federal e regionais.
	Finlândia	€ 5 milhões (cerca de US\$ 6 milhões) destinados ao programa nacional de desenvolvimento de veículos elétricos.	€ 5 milhões (cerca de US\$ 6 milhões) destinados à infraestrutura no âmbito do programa nacional de desenvolvimento de veículos elétricos.
	França	€ 450 milhões (cerca de US\$ 500 milhões) em descontos concedidos aos consumidores que comprarem veículos eficientes, com 90% desse montante advindo de taxas sobre os veículos ineficientes e 10% de subsídios diretos.	€ 50 milhões (cerca de US\$ 60 milhões) para cobrir 50% do custo com infraestrutura de recarga (equipamento e instalação).
	Holanda	Redução de impostos no valor de 10% a 12% do custo do veículo.	Quatrocentos postos de recarga apoiados por incentivos.
	Itália	Isenção de taxas de licenciamento nos primeiros cinco anos. A partir do sexto ano, o desconto é de 75%.	-
	Noruega	Isenção de impostos de compra (IVA) e de licenciamento. Isenção de impostos de importação para elétricos puros.	Governo investiu cerca de € 6,5 milhões na construção de dois mil postos de recarga. Em 2013, 4,5 mil postos já estavam disponíveis.
	Reino Unido	Subsídio de 25% no preço do carro até o máximo de £ 5 mil (cerca de US\$ 8 mil) e de 20% no custo de um comercial leve até o máximo de £ 8 mil (cerca de US\$ 12 mil), desde que o veículo emita menos que 75 g CO ₂ /km. Há também isenção de taxas para veículos elétricos puros.	£ 37 milhões (cerca de US\$ 55 milhões) destinadas a postos de recarga públicos, residenciais e em ruas e rodovias. (O orçamento estará disponível até 2015).

(Continua)

(Continuação)

Região	Países	Incentivos financeiros	Infraestrutura
Europa	Suécia	Isenção de taxa de licenciamento nos primeiros cinco anos. Subsídios de € 4.500 (cerca de US\$ 5 mil) no preço de veículos que emitam até 50 g CO ₂ /km. Equalização do valor tributável do veículo de baixa emissão ao do correspondente diesel/gasolina para frotas de empresas.	Apoio por meio de fundo para pesquisa, desenvolvimento e demonstração. Não há incentivos mais amplos para infraestrutura.
Ásia	China	Subsídios para a compra de veículos de até ¥ 60 mil (cerca de US\$ 10 mil).	-
	Índia	Subsídio de ₹ 100 mil (cerca de US\$ 2 mil) ou 20% do preço do veículo, prevalecendo o que for menor. Incentivos fiscais para elétricos puros e híbridos <i>plug-in</i> .	Há planos para facilitar a instalação de postos elétricos.
	Japão	Isenção de taxas de aquisição e sobre o peso do veículo. Incentivos de até ¥ 850 mil (cerca de US\$ 8 mil) para a compra de elétricos puros e híbridos <i>plug-in</i> .	Apoio para custear até 50% do custo do equipamento de recarga, limitado a até ¥ 1,5 milhão (cerca de US\$ 12 mil) por carregador.

Fonte: Elaboração própria, com base em Gov.UK (2014), Hannisdahl, Malvik e Wensaas (2013), IEA (2013), Tesla Motors (2014) e Vergis *et al.* (2014).

Outros incentivos à demanda

Além de subsídios diretos, isenções e deduções fiscais e provimento de infraestrutura de recarga, outros incentivos, inclusive não monetários, vêm sendo adotados em níveis diversos de governo por todo o mundo. Dentre tais incentivos, destacam-se: gratuidade em estacionamentos públicos, usos de faixas exclusivas, isenção de pedágios em rodovias e de taxas de circulação em centros urbanos, vagas cativas em estacionamentos, descontos no seguro do veículo, dispensa de inspeções veiculares, descontos no valor da eletricidade para recarga de veículos elétricos, programas voltados à conscientização e à informação do consumidor, realização de demonstrações públicas de veículos híbridos e elétricos, promoção de compras públicas

para uso em frotas estatais, práticas de *car sharing* com uso de veículos elétricos etc. Tais medidas cumprem papel relevante nos locais em que vêm sendo adotadas. O espaço para a criação de novas políticas é muito grande e, como muitas das vigentes estão restritas a um estado da federação ou a uma cidade, há ampla possibilidade de extensão para outras regiões e países. No Quadro 3, são listados alguns exemplos de países/regiões onde tais incentivos já são uma realidade.

Quadro 3 | Outros incentivos para veículos elétricos e/ou híbridos – países selecionados (levantamento não exaustivo)

País	Síntese dos incentivos locais
França	Autolib oferece sistema de <i>car sharing</i> em Paris e outras cidades utilizando VEs, complementando o sistema de compartilhamento de bicicletas.
Reino Unido	Isenção de taxa de circulação na região central de Londres.
Itália	Estacionamento grátis nas áreas amarela e azul e acesso livre na área C em Milão. Veículos elétricos têm permissão de circular em dias de circulação restrita.
Alemanha	A partir do início de 2015, veículos elétricos terão estacionamento grátis, vagas reservadas e poderão circular nas faixas destinadas aos ônibus.
Holanda	Amsterdã oferece estacionamento e recarga grátis.
Portugal	O país desenvolveu amplo sistema integrado de pontos de abastecimento sob uma plataforma única por meio do consórcio Mobi.E.
Dinamarca	Estacionamento grátis em Copenhague.
Noruega	Estacionamentos públicos grátis, vagas reservadas, isenção de pedágios em todas as rodovias, faixa exclusiva nas principais cidades.
Suécia	Veículos elétricos têm isenção de taxa de circulação na região central de Estocolmo, além de setenta pontos de abastecimento sem custo. Estacionamento grátis em Arlanda e em certas áreas de Gotemburgo.
Canadá	Em Ontário, veículos elétricos e híbridos <i>plug-in</i> podem utilizar as vias destinadas a veículos com alta ocupação (dois ou mais passageiros).
EUA	Os incentivos variam de estado para estado, mas compreendem a possibilidade de utilizar as faixas preferenciais em vias destinadas a veículos com alta ocupação (<i>carpool</i>), isenção da inspeção veicular anual para veículos elétricos e híbridos <i>plug-in</i> , descontos no seguro para proprietários de elétricos ou híbridos, estacionamento grátis para veículos elétricos, reserva de vagas para elétricos em estacionamentos, isenção ou redução de pedágio em alguns pontos, descontos na tarifa de recarga de veículos elétricos e híbridos <i>plug-in</i> .

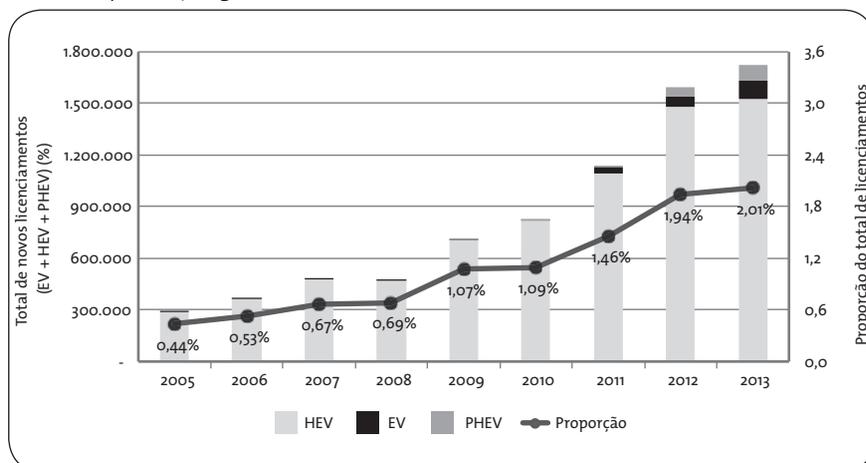
Fonte: Elaboração própria, com base em Autolib (s.d.), Hannisdahl, Malvik e Wensaas (2013), Hartman (2014), Mobi.E (s.d.), Nicola (2014), Ontario (2012) e Tesla Motors (2014).

Tendo em vista todos os incentivos listados, cabe analisar a resposta do mercado e a efetividade dessas políticas.

Mercado global de veículos híbridos e elétricos e efetividade das políticas públicas

Em 2013 foram licenciados cerca de 1,7 milhão de veículos híbridos ou elétricos em todo o mundo, o equivalente a aproximadamente 2% do total. Embora os licenciamentos de híbridos e elétricos ainda sejam uma pequena fração do total, desde 2005, o mercado vem crescendo a 24,9% ao ano, contra 3,1% do mercado de convencionais. A maior participação é de HEVs, liderando o número de licenciamentos totais (Gráfico 8).

Gráfico 8 | Evolução global dos licenciamentos de veículos híbridos e elétricos



Fonte: Elaboração própria, com base em Shahan (2014) e MarkLines (2014).

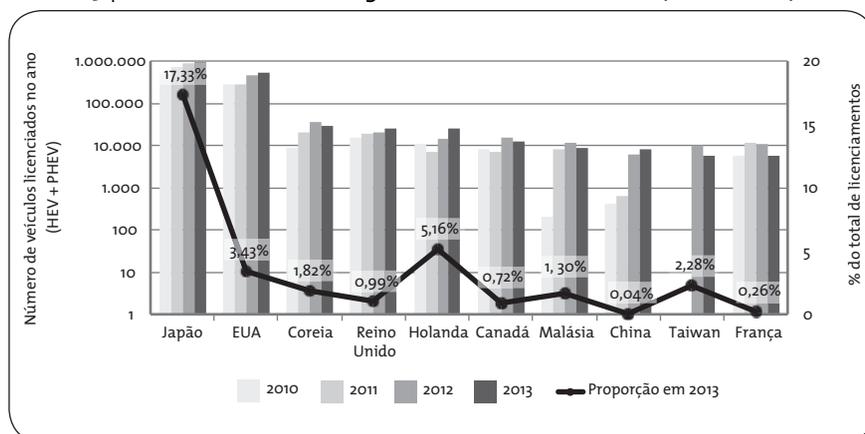
O maior mercado global de híbridos é o Japão. O país lidera os licenciamentos, tanto em valores absolutos quanto relativos. Somente em 2013, foram mais de novecentos mil veículos híbridos licenciados, ou 17,33% do total. Isso se explica pelo tempo em que são comercializados veículos híbridos no país (desde 1997) e pelos incentivos que esses automóveis receberam desde então.

Merece destaque, também, a Holanda. Apesar de ser um mercado pequeno em termos absolutos, os híbridos obtiveram a segunda maior participação relativa nos novos licenciamentos, com destaque para os PHEVs. O país

isenta diversos modelos de PHEVs de impostos de registro e circulação, além de conceder incentivos para veículos empresariais. Esses últimos recebem estímulos de até € 38 mil (cerca de US\$ 45 mil), ou 75% do preço-base de um veículo como o Volvo V60 [McKinsey & Company (2014) e Mock e Yang (2014)]. O impacto do incentivo reflete-se nos licenciamentos, que subiram 73% em termos absolutos de 2012 para 2013.

O Gráfico 9 traz uma lista dos principais mercados de veículos híbridos e sua participação em relação ao total de licenciamentos.

Gráfico 9 | Dez maiores mercados globais de veículos híbridos (HEV e PHEV)



Fonte: Elaboração própria, com base em MarkLines (2014) e Shahan (2014).

Entre os modelos mais licenciados de HEVs, a liderança é da família Prius, da Toyota. A montadora japonesa dispõe de seis modelos entre os dez HEVs mais licenciados, dos quais quatro da família Prius, além dos sedãs Camry e Crown. O domínio das montadoras asiáticas é marcante, com apenas a americana Ford figurando entre os modelos mais licenciados de HEVs (Tabela 1).

Tabela 1 | HEV: modelos mais licenciados no mundo em 2013

	Modelo	Montadora	Licenciamentos
1	Prius	Toyota	309.985
2	Aqua (Prius C)	Toyota	309.499
3	Prius Alpha	Toyota	106.843

(Continua)

(Continuação)

	Modelo	Montadora	Licenciamentos
4	Fit (Jazz)	Honda	95.078
5	Serena	Renault-Nissan	82.779
6	Camry	Toyota	66.109
7	Crown	Toyota	54.888
8	Fusion	Ford	37.300
9	Sonata	Hyundai	35.159
10	Prius v	Toyota	34.989

Fonte: Elaboração própria, com base em MarkLines (2014) e Shahan (2014).

Já em relação aos PHEVs, o cenário é um pouco distinto. O primeiro ponto a destacar é a maior diversidade de montadoras entre os dez modelos mais licenciados. O mercado também é bem menor, com o modelo mais licenciado, o GM Volt, somando pouco mais de 28 mil unidades em todo o mundo (Tabela 2). Durante todo o ano de 2013, foram licenciados cerca de 87 mil PHEVs globalmente contra 1,5 milhão de HEVs. Destaca-se o crescimento, de 2012 para 2013, do mercado de PHEVs, de 61,1%, enquanto o de HEVs aumentou apenas 3,2%, número próximo ao dos veículos convencionais.

Tabela 2 | PHEV: modelos mais licenciados no mundo em 2013

	Modelo	Montadora	Licenciamentos
1	Volt	GM	28.252
2	Prius	Toyota	23.075
3	Outlander	Mitsubishi	18.444
4	V60	Volvo	7.437
5	C-Max	Ford	7.353
6	Fusion	Ford	6.206
7	Ampera	GM	3.157
8	F3DM	BYD	1.005
9	S60	Volvo	674
10	Accord	Honda	588

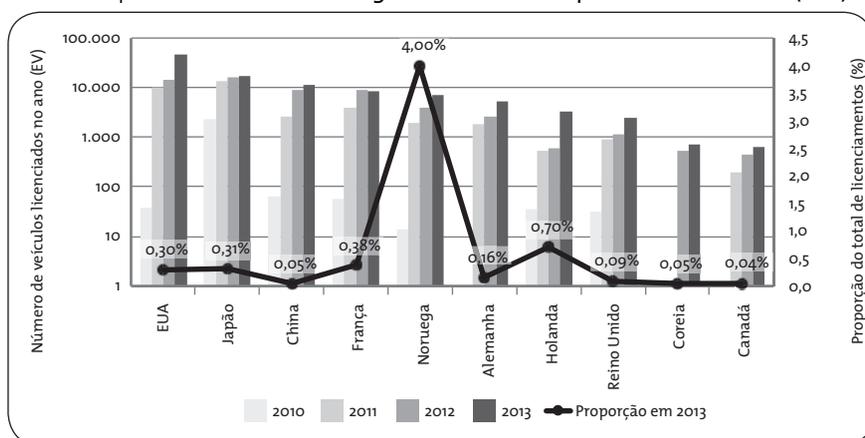
Fonte: Elaboração própria, com base em Shahan (2014).

O mercado de veículos puramente elétricos cresceu 77,6% de 2012 para 2013, sendo os EUA o maior mercado em termos absolutos (Gráfico 10). De todos os pouco mais de 111 mil BEVs licenciados no mundo em 2013, cerca

de 40% foram no país. Os incentivos federais e estaduais têm refletido de forma positiva nas vendas, apesar de ainda pequenas em termos relativos.

A maior participação relativa é da Noruega, com 4% de todos os licenciamentos em 2013. O mercado de BEVs no país aumentou cerca de 83% de 2012 para 2013, fruto de uma política agressiva de incentivos monetários e não monetários. Um Renault Zoe, por exemplo, recebe incentivos de aproximadamente € 15.395 (cerca de US\$ 18 mil), ou 55% do preço-base do veículo no país, no ato da compra, mais € 1.515 (cerca de US\$ 1,8 mil) de benefícios anuais recorrentes, em razão da isenção de taxa de circulação [McKinsey & Company (2014); Shahan (2014)].

Gráfico 10 | Dez maiores mercados globais de veículos puramente elétricos (BEV)



Fonte: Elaboração própria, com base em MarkLines (2014) e Shahan (2014).

Conforme comentado, os incentivos à infraestrutura de recarga também são alvo de políticas públicas e impactam positivamente o mercado nesses países. Os EUA contam com pouco mais de 23 mil pontos de recarga, fortemente impulsionados por incentivos governamentais. São números bem superiores aos dos demais países, principalmente pela grande extensão territorial do país (Tabela 3).

Tabela 3 | Infraestrutura de recarga: pontos instalados não residenciais

País	Carga lenta*	Carga rápida**
Reino Unido	3.000	150

(Continua)

(Continuação)

País	Carga lenta*	Carga rápida**
França	1.700	100
Alemanha	2.800	50
Holanda	6.000	120
Portugal	1.000	70
Espanha	800	20
Suécia	1.000	20
Dinamarca	3.800	120
Noruega	1.300	87
Estados Unidos***	20.948	2.087

Fonte: Elaboração própria, com base em McKinsey & Company (2014) e U.S. Department of Energy (2015).

Notas: * ** A Comissão Europeia define menos de 22 kW como carga lenta e mais de 22 kW como rápida. Algumas instalações entre 20 kW-25 kW podem ser chamadas, ainda, de semirrápidas.

*** Para os EUA, considera-se rápida a carga em corrente contínua

(DC Level 2) a 200 V-450 V DC até 90 kW (200 A).

Obs.: Números aproximados para a Europa. Levantamento não exaustivo.

O modelo de BEV mais licenciado é o Leaf, da Renault-Nissan. De fato, a montadora tem papel de destaque no mercado de puramente elétricos, com quatro modelos entre os dez mais licenciados (Tabela 4). De todos os Leafs licenciados, 49% foram nos EUA, 28% no Japão e 10% na Noruega. Já o Tesla Model S é predominantemente vendido nos EUA, com 84% de todos os licenciamentos em 2013 sendo realizados naquele país.

Tabela 4 | BEV: modelos mais licenciados no mundo em 2013

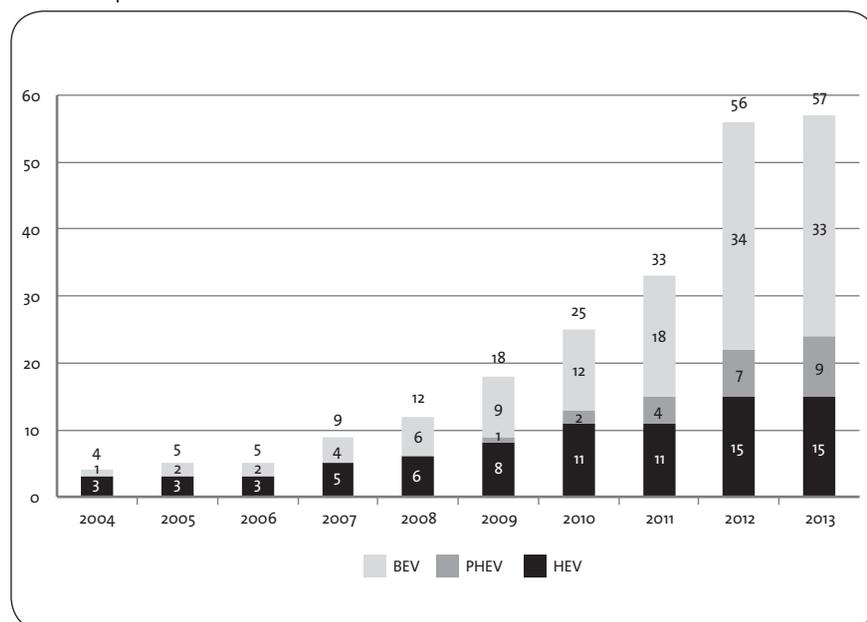
	Modelo	Montadora	Licenciamentos
1	Leaf	Renault-Nissan	47.484
2	Model S	Tesla	22.186
3	Zoe	Renault-Nissan	8.869
4	Kangoo ZE	Renault-Nissan	5.886
5	QQ3 EV	Chery	5.007
6	i-MiEV	Mitsubishi	4.769
7	Smart Fortwo ED	Daimler	4.130
8	Twizy	Renault-Nissan	3.062
9	J3 EV	Jac	2.500
10	Focus Electric	Ford	1.894

Fonte: Elaboração própria, com base em Shahan (2014).

Apesar do predomínio de montadoras tradicionais no *ranking* de licenciamentos de híbridos e elétricos, os BEVs abrem oportunidades para novos entrantes. Uma tração puramente elétrica é mais simples e um motor elétrico tem menos componentes que um motor a combustão interna. Ou seja, elimina-se uma grande barreira de entrada da indústria automotiva: o *powertrain*. Já a arquitetura de um veículo híbrido mescla motores a combustão interna e elétrico, tornando necessária a competência de *powertrain* a combustão. Isso limita o número de empresas, fazendo com que as montadoras tradicionais concorram nesse mercado, daí o menor número de empresas. Tal fato pode ser notado no Gráfico 11. Percebe-se um número bem maior de montadoras que tiveram veículos puramente elétricos licenciados, quando comparado às arquiteturas híbridas.

O mercado de veículos puramente elétricos cresce em um ritmo bem maior que o de convencionais e tem menor barreira de entrada, aumentando o potencial para novas empresas. Não obstante, há grande espaço para inovação e desenvolvimento de novas tecnologias em *powertrain* elétrico e armazenagem de energia, tanto em baterias quanto em gestão da energia.

Gráfico 11 | Número de montadoras com modelos licenciados



Fonte: Elaboração própria, com base em MarkLines (2014) e Shahan (2014).

O mercado brasileiro

Difusão dos veículos elétricos e híbridos no Brasil

Ainda que o mercado automobilístico brasileiro figure como um dos maiores do mundo, tendo já ocupado a quarta posição mundial, a disponibilidade de veículos elétricos e híbridos ainda é muito restrita. Boa parte dos modelos são automóveis de luxo disponíveis apenas por encomenda. Os principais modelos comercializados na rede de concessionárias são a versão híbrida do Ford Fusion e o Toyota Prius. O Quadro 4 lista os principais modelos disponíveis no Brasil e algumas de suas características técnicas.

Quadro 4 | Modelos elétricos e híbridos disponíveis no mercado brasileiro

Marca/ modelo	Motor a combustão	Tipo	Origem	Lançamento no Brasil	Emissões (g CO ₂ /km)				Preço (R\$ mil)	
					Consumo (gasolina) (km/l)	Consumo energético (MJ/km)	Cidade	Estrada	Dez. 2013	Dez. 2014
Ford Fusion	2.0 – 16 V	HEV	México	Ago. 2013 (1ª geração lançada em nov. 2010)			81	16,8	14,7	1,33
Toyota Prius	1.8 – 16 V	HEV	Japão	Jan. 2013	86	15,7	14,3	1,40	116	111
Lexus CT200h	1.8 – 16 V	HEV	Japão	Mai. 2013	87	15,7	14,2	1,41	149	148
Nissan Leaf	Não há	BEV	Japão	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BMW i3 Rex	0.6	PHEV	Alemanha	Set. 2014	13	n.d.	n.d.	n.d.	-	229
BMW i8 e-Drive	1.5 – 12 V	HEV	Alemanha	Set. 2014	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	800
Porsche Panamera S E-Hybrid	3.0	PHEV	Alemanha	Out. 2014	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	n.d.
Audi A3 E-tron	1.4	PHEV	Alemanha	2015	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-

Fonte: Elaboração própria, com base nos sites dos fabricantes, Fipe (2014) e PBE (2014).

O histórico de vendas acompanha a baixa disponibilidade de modelos, sendo ainda incipiente, embora apresente uma tendência de crescimento, como se observa na Tabela 5. Destaca-se a mínima participação dos híbridos e elétricos no total de licenciamentos no país, bem abaixo dos 2% comercializados globalmente em 2013.

Tabela 5 | Vendas de veículos elétricos e híbridos no mercado brasileiro

Modelo	2012	2013	2014
Ford Fusion	n.d.	106	706
Toyota Prius	25	324	76
Demais	n.d.	61	73
Total	117	491	855
% do total de licenciamentos	0,0032	0,0137	0,0256

Fonte: Elaboração própria, com base em Anfavea (2014), Fenabrave (2014) e Redação AB (2014).

O Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) informou uma frota, em dezembro de 2014, de 1.730 híbridos. Dos principais veículos puramente elétricos disponíveis no Brasil, o Denatran informava uma frota de 34 modelos Nissan Leaf, sendo a maior parte táxis nas cidades do Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP), e seis modelos Mitsubishi i-Miev. Empresas do setor energético, como Itaipu, Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), Companhia Paranaense de Energia (Copel) e Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (Cemig), frequentemente dispõem de pequenas frotas de veículos puramente elétricos para testes, pesquisa e transporte de pessoal.

Quanto aos ônibus, a disponibilidade também é limitada. No Brasil, a frota elétrica é majoritariamente de trólebus, conforme se observa na Tabela 6. Os trólebus estão presentes em apenas três corredores, todos no estado de São Paulo. Os ônibus híbridos compõem a segunda frota em volume e estão presentes nas cidades de São Paulo (SP) e Curitiba (PR), onde estão os dois fabricantes instalados no Brasil – a empresa brasileira Eletra e a sueca Volvo. Os ônibus a hidrogênio e os elétricos a bateria são oriundos de projetos de demonstração.

Tabela 6 | Frota estimada de ônibus elétricos e híbridos no Brasil

Tipo	Quantidade
Trólebus	276
Híbrido	78
Elétrico a bateria	1
Hidrogênio	2
Total estimado	357

Fonte: Elaboração própria, com base em pesquisa de campo.

No entanto, a frota elétrica é ínfima se comparada ao total de ônibus urbanos no Brasil, estimados em mais de 250 mil.

Incentivos tributários

Há poucos incentivos no Brasil para os veículos elétricos e híbridos, em comparação a outros países. No caso dos veículos leves, as principais iniciativas correm por conta das próprias montadoras, por exemplo, cessão em comodato de táxis elétricos em grandes cidades brasileiras.

Há alguns incentivos tributários, mas que exercem pouca influência sobre o preço. As principais isenções são do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e apenas em alguns estados.

O Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) que incide sobre veículos leves é definido por cilindrada do motor, o que leva os elétricos puros, que não dispõem de motor a combustão, a serem classificados como “outros”, que estão na maior alíquota. No entanto, visto que o IPI é utilizado como prêmio para as montadoras que ultrapassarem, no conjunto de veículos vendidos, as metas de redução de emissões estabelecidas no regime automotivo (Inovar-Auto), os veículos elétricos e híbridos poderão contribuir de forma mais contundente para tal atendimento, gerando a possibilidade de usufruto de um benefício adicional no IPI.

Em setembro de 2014, foi estabelecida uma redução temporária no Imposto de Importação (ex-tarifário) para veículos híbridos sem tecnologia de recarga elétrica externa. É importante notar que essa redução não deve atingir veículos importados de países com os quais o Brasil tem acordos

comerciais,¹⁷ pois, desde que dentro de determinadas cotas, os veículos já dispõem de isenção tarifária.

A alíquota do Imposto de Importação para veículos automotores, via de regra, é de 35%. Para os veículos elétricos e híbridos, de acordo com seu consumo energético, há uma graduação nas alíquotas, conforme resumido na Tabela 7.

Tabela 7 | Alíquotas do Imposto de Importação para veículos híbridos com motores entre um litro e três litros (em %)

Faixa de consumo energético (MJ/km)	Situação do veículo na importação		
	Desmontado	Semidesmontado	Montado
0,01-1,10	0	0	2
1,10-1,68	0	2	4
1,68-2,07	2	5	7

Fonte: Elaboração própria, com base na *Resolução Camex 86*, de 18.9.2014.

Conseqüentemente, os modelos Toyota Prius e Lexus CT200h, disponíveis no Brasil, tiveram a alíquota reduzida de 35% para 4%, se forem importados montados. É interessante notar que a faixa de consumo energético, 2,07 MJ/km equivale ao consumo médio em 2011 da frota brasileira, utilizada como parâmetro para estabelecimento das metas do Inovar-Auto, e 1,68 MJ/km é igual à meta a cumprir em 2017 para usufruir do maior nível de redução do IPI.

Cabe citar também que o principal imposto incidente sobre os veículos, o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), não tem sido utilizado na promoção dos veículos elétricos e híbridos. A arrecadação com o ICMS de automóveis somou, em 2012, R\$ 35,7 bilhões, enquanto o conjunto dos tributos federais somou R\$ 33,2 bilhões – dos quais R\$ 11,9 bilhões no Programa de Integração Social (PIS)/Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (Cofins), R\$ 4,4 bilhões de IPI e R\$ 2,0 bilhões em Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ), entre outros [Cetad (2013; 2014)].

¹⁷ O Brasil tem acordos de complementação econômica (ACEs) específicos sobre o setor automotivo com a Argentina (ACE-14) e o Uruguai (ACE-02). Há, ainda, um acordo mais amplo entre o Mercosul e o México (ACE-55). Mais detalhes disponíveis no *site* do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

Interesse empresarial no tema

Em abril de 2013, foi lançado o Plano Inova Energia pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), BNDES e Finep – Inovação e Pesquisa, denominado Plano de Ação Conjunta Inova Energia, em que um dos temas era apoiar iniciativas que promovessem o desenvolvimento de integradores e o adensamento da cadeia de componentes na produção de veículos híbridos/elétricos e a melhoria de eficiência energética de veículos automotores no país. O plano visava selecionar planos de negócio que contemplassem projetos de inovação em temas como: desenvolvimento de tecnologias para motores, componentes e sistemas completos de tração elétrica para veículos automotores híbridos/elétricos, assim como tecnologias que possibilitassem a melhoria da eficiência energética em sistemas de motorização a etanol (ou *flex-fuel*) e transmissão; desenvolvimento de baterias, supercapacitores, outras tecnologias de acumuladores e recuperadores de energia para tração, células a combustível e materiais para baterias, bem como sistemas de gerenciamento e seus componentes, para uso em veículos automotores híbridos/elétricos, preferencialmente a etanol; e projetos pioneiros em escala-piloto ou superior de desenvolvimento e implementação de produção de veículos automotores híbridos/elétricos, preferencialmente a etanol.

Foram realizadas diversas ações de divulgação do plano, tais como: contato direto com empresas do setor automotivo e elétrico, reconhecidamente com projetos nos temas definidos, e apresentações em eventos setoriais, além da mídia espontânea em vários jornais de grande circulação. A primeira etapa buscava que as empresas manifestassem interesse no desenvolvimento de projetos nos temas. Como uma das primeiras iniciativas organizadas pelo governo federal voltada para a promoção dos veículos elétricos, houve grande procura. Noventa e quatro empresas demonstraram interesse nesse tema, além de 37 instituições científicas e tecnológicas (ICT).

Posteriormente à divulgação dos resultados do Inova Energia e apenas para fins de reflexão no âmbito deste artigo, foi realizado um trabalho de classificação das intenções de investimento em função de sua relação com o setor automotivo e da vertente tecnológica do investimento. A intenção foi entender que tipo de empresa tinha intenção de investimento em que tipo de tecnologia.

Desse modo, as empresas foram classificadas em dois grupos: os pertencentes à cadeia automotiva (incluindo montadoras, fornecedores de

autopeças e prestadores de serviços) – incumbentes; e as *start-ups* ou empresas pertencentes a outros setores (elétrico, por exemplo) – novos entrantes. Para aferição da vertente tecnológica, foram classificadas também em dois grupos: os com viés elétrico (veículos elétricos, a célula-combustível e componentes para esses veículos ou para uso comum em híbridos e elétricos) e os com viés a combustão (veículos a combustão mais eficientes, incluídos os híbridos não elétricos e os micro-híbridos). Do total, foram descontadas as empresas que apresentaram projetos para outros tipos de transporte (aéreo ou naval) ou sem detalhes suficientes que permitissem a classificação exposta. O resultado dessa reflexão é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 | Propostas apresentadas ao Plano Inova Energia, conforme vertente tecnológica e atuação (em %)

	Novos entrantes	Incumbentes	Total
Elétrico	71	29	100
A combustão	31	69	100

Fonte: Elaboração própria.

Não surpreendentemente, assim como em outros países há diversas montadoras tentando se estabelecer no novo paradigma (*vide* Gráfico 11). No Brasil, isso não é diferente.

Esse cenário, em que empresas que não trabalham tradicionalmente no setor automotivo começam a vislumbrar oportunidades no setor, cria condições únicas para a inovação. São trazidas novas ideias por empresas que enxergam as questões por outros prismas. O resultado é a criação de novos negócios, com alterações dos antigos laços. Há uma reconfiguração da cadeia produtiva.

Em um setor economicamente tão importante como o automotivo, tal reconfiguração pode ser assistida pelo Poder Público, com o objetivo de melhor posicionar as empresas brasileiras para os novos desafios.

Sugestões de políticas públicas para o setor no Brasil

A partir da síntese das experiências globais e da realidade brasileira, relatadas nas seções anteriores, propõe-se elencar possibilidades de atuação do Poder Público nessa mudança de paradigma.

Apesar de figurarem em um único setor, veículos leves, ônibus, caminhões, fabricantes de autopeças e de reboques e semirreboques têm lógicas distintas. Suas características levam a políticas diferentes. Assim, a presente seção está organizada por segmento, com uma breve discussão sobre as sugestões de políticas.

Políticas abrangentes

Metas de emissões de longo prazo, com degraus anuais e bônus em caso de antecipação por parte das empresas

Na maior parte dos grandes países produtores ou consumidores de veículos, estão implementadas metas de eficiência energética (*vide* Quadro 1). No Brasil, além do Proconve, que estabelece limites de emissões para poluentes em veículos leves e pesados, o regime automotivo lançado em 2012 sob o nome de Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto) estabeleceu metas de emissões de dióxido de carbono para veículos leves. O horizonte desse regime é 2017. É fundamental que se discuta sua extensão para além de 2017, assumindo-a como uma política de longo prazo, como ocorre em outros países. A extensão e as novas metas também possibilitarão a orientação dos investimentos das montadoras, que demandam geralmente prazos superiores a três anos entre a concepção e a entrada no mercado.

Além disso, é importante que a meta de eficiência energética de longo prazo seja desdobrada em períodos menores (preferencialmente ano a ano), para os veículos leves e pesados, possibilitando que haja um trabalho constante de P&D em eficiência energética e uma adequada programação de metas por parte das empresas.

Por fim, a exemplo do que existe em outros países, pode-se estudar a criação de um bônus para o cumprimento antecipado das metas. Dessa forma, haveria uma mitigação do custo adicional dessa antecipação, acompanhado de um imediato benefício para a população (redução de emissões) e para as montadoras (preços mais competitivos).

Etiquetagem veicular obrigatória

O consumidor deve entender e participar do movimento pela melhoria da eficiência energética dos veículos. Boa parte dos países utiliza um instrumento que existe no Brasil, mas que é adotado de forma voluntária pelas montadoras, a etiquetagem veicular. Ela permite que se dê transparência aos impactos ambientais dos veículos.

Estímulo a P&D no segmento, com explicitação nos principais programas, visando estimular o desenvolvimento de fabricantes brasileiros

Com o objetivo de localizar o desenvolvimento tecnológico de soluções em eficiência energética no setor automotivo, é importante que se identifiquem universidades e centros de pesquisa capacitados para dialogar com as empresas e criar linhas de pesquisa apontadas para o futuro da indústria. Isso envolve a disponibilidade não só de recursos financeiros para pesquisa, como também de pessoal formado em disciplinas fundamentais para o novo paradigma (por exemplo, engenharia elétrica, engenharia de sistemas e química de baterias) e capaz de liderar essa revolução.

Manutenção das linhas de financiamento em condições diferenciadas para capacidade produtiva de veículos elétricos e para comercialização de veículos pesados elétricos

Apoio a iniciativas de criação de capacidade produtiva para veículos elétricos e híbridos e para sua comercialização. A produção local torna mais simples a inserção de fornecedores locais e desperta o interesse das pessoas pelo setor.

Incentivos via instrumentos financeiros que permitam atenuar a perda de valor de revendas dos veículos elétricos e híbridos

Tendo em vista que o custo das baterias ainda é elevado e sua vida útil curta, espera-se que haja grande perda do valor de revenda dos veículos elétricos e híbridos. Certamente, o valor de revenda torna-se mais uma barreira para a aquisição desses veículos.

Integração do etanol aos motores eletrificados

Por fim, propõe-se o apoio a estudos de formas de integração do motor a etanol no novo paradigma do setor automotivo, através de veículos híbridos *flex*, de modo a aproveitar o amplo desenvolvimento já realizado no Brasil, seus impactos econômicos e o fato de se tratar de um combustível renovável.

Políticas específicas para veículos leves elétricos e híbridos

Incentivos monetários aos compradores de veículos elétricos, via crédito ou redução de impostos

Os países com maior presença de veículos elétricos e híbridos têm praticado um incentivo monetário ao comprador, que toma diferentes formas, desde um desconto no preço até um crédito que pode ser utilizado no abatimento de impostos. O grande argumento dessas políticas é que o preço

desses veículos é maior principalmente em decorrência de uma escala menor de produção. Nos EUA, por exemplo, os créditos existem até que se atinja uma escala mínima econômica. O primeiro objetivo do incentivo é acelerar a adoção. Em segundo lugar, o crédito visa atenuar a mudança de rotina (reabastecimento diário, autonomia limitada etc.) que os veículos puramente elétricos imputam aos usuários. Não por acaso, os créditos para esses veículos costumam ser maiores do que os dos híbridos. Ao mesmo tempo, há uma grande possibilidade de criação de negócios acessórios (eletropostos, serviços específicos etc.), que podem gerar impacto tributário positivo.

Incentivos à adoção de veículos elétricos para táxis, uso em locadoras e para frotas públicas

Há alternativas de difusão mais lentas, via públicos específicos, como táxis, locadoras e frotas públicas. O custo das medidas torna-se menor e há um efeito-demonstração, visto que as pessoas acabam tomando contato com as novas tecnologias sem necessariamente adquiri-las. Além disso, em todos eles, normalmente há pontos fixos de estacionamento, facilitando a instalação de pontos de recarga. No caso dos táxis, é possível extrapolar a experiência da cidade de São Paulo, com a abertura de novas autonomias para táxis elétricos. Nas grandes metrópoles brasileiras, o custo da licença, quando adquirida de terceiros, costuma superar em muitas vezes o valor do veículo. No caso das locadoras, há grande rotatividade dos veículos. Ao saírem da frota das locadoras, acabam sendo vendidos para pessoas físicas. Nas frotas públicas, seu uso pode se tornar um exemplo para a população, colaborando de forma mais enfática para redução das emissões.

Incentivo à geração distribuída, à adaptação de residências e à instalação de postos de recarga rápida e avaliação dos impactos nas distribuidoras de energia

Uma das grandes preocupações de quem pensa em adquirir um veículo elétrico é a necessidade de recarga. Há incentivo natural para que sua recarga aconteça na residência do motorista. De uma forma geral, o carregamento deve ocorrer à noite. A fim de evitar o horário de pico, que poderia sobrecarregar os sistemas elétricos locais, diversos países têm implantado uma tarifação diferenciada. Assim, a recarga acontece justamente quando há uma redução do consumo de energia nas cidades, o que facilita a operação das distribuidoras. Com boa parte das recargas ocorrendo nas

residências, a instalação de postos de recarga rápida não precisaria acompanhar a quantidade de postos de gasolina atuais, podendo ser em menor número nas cidades e em localizações estratégicas nas estradas. Há ainda a possibilidade de vender energia ao sistema, quando o veículo estiver carregado e conectado à rede. O veículo pode fornecer energia ao sistema elétrico em horários de pico e realizar o carregamento em horários de baixa demanda.

Definição de alíquotas de IPI segundo eficiência ou criação do NCM 8703.4 “Veículos traçados por motor elétrico”

A fim de tornar a estrutura tributária mais adequada à convivência entre diferentes tecnologias, é aconselhável que as alíquotas de IPI não mais observem as cilindradas¹⁸ dos motores, mas, sim, sua eficiência. Alternativamente, uma medida de implementação mais simples é a criação de uma categoria para os veículos elétricos. Nesse caso, os híbridos, por terem também motores a combustão, continuariam sendo classificados segundo as alíquotas existentes. O ideal é que os veículos elétricos disponham de alíquota equivalente ou inferior aos veículos com motor de pistão alternativo de ignição por centelha de cilindrada não superior a 1.000 cm³. Dado que as vendas desse tipo de veículo no Brasil são incipientes, não haveria impacto tributário relevante na adoção de tal medida.

Incentivo à implantação de sistemas de compartilhamento de veículos elétricos e estudo sobre a conveniência de criação de privilégios de circulação e estacionamento a veículos elétricos

Em cidades brasileiras adensadas, é possível a adoção de sistemas de compartilhamento de veículos elétricos (*car sharing*), como ocorre em várias outras cidades, especialmente na Europa. Tais sistemas normalmente estão acompanhados de medidas que privilegiam sua circulação em detrimento dos veículos a combustão (exemplos: exceção ao rodízio, tarifa especial em pedágios metropolitanos, reserva de vagas de estacionamento, permissão especial de circulação em faixas exclusivas ou fora de horários predefinidos etc.).

¹⁸ A cilindrada, ou volume de deslocamento, de um motor é o somatório dos volumes percorridos pelos pistões nos cilindros entre os pontos de mínimo e máximo. Normalmente é indicada em litros ou centímetros cúbicos. Por exemplo, um motor de 2.0 l e quatro cilindros tem um volume de deslocamento de 500 ml por cilindro. Essa métrica só faz sentido em motores a combustão e não pode ser usada em motores elétricos diretamente.

Redução temporária do Imposto de Importação para componentes selecionados do powertrain híbrido

Um veículo híbrido sem possibilidade de recarga externa não requer mudanças no comportamento do consumidor, sendo sua adaptação muito mais simples e barata quando comparada a um veículo puramente elétrico. Da mesma forma, sua semelhança com os veículos convencionais permite afirmar que várias das montadoras instaladas no Brasil têm capacitação para o desenvolvimento local de versões híbridas *flex-fuel* dos modelos aqui fabricados. Com um mercado mais atrativo para veículos híbridos, há possibilidade de um rápido emparelhamento das fábricas locais ao que já existe no restante do mundo.

Políticas específicas para ônibus e caminhões híbridos e elétricos

Criação de um subsídio verde com recursos federais para a equalização de tarifas no transporte coletivo urbano elétrico ou subsídio às baterias e criação de mecanismos de depreciação acelerada de ônibus e caminhões elétricos

Diferentemente dos veículos leves, o Brasil dispõe de capacidade local para a fabricação de ônibus híbridos (Eletra e Volvo) e elétricos (Eletra e BYD, esta última em fase de implantação). Há financiamento no BNDES à comercialização desses em bases que os diferenciam dos veículos a diesel. No entanto, as vendas não deslancham, pois a política de transporte urbano é, na maior parte das vezes, municipal. Ademais, no Brasil, a compra de veículos é feita pelos operadores. Em muitos casos, os operadores aferem lucro quando modernizam sua frota, ao revenderem os veículos antigos a operadores de outros municípios. Além da incerteza no valor de revenda, em função de dúvidas sobre a vida útil e a eventual necessidade de infraestrutura se for elétrico (rede aérea se for trólebus ou estrutura para recarga se for com bateria), os veículos costumam ser mais caros. Assim, os municípios ficam receosos de que a adoção de ônibus elétricos ou híbridos leve à necessidade de aumento das tarifas ou maior subsídio.

Análise preliminar das políticas

Cada uma das sugestões de políticas traz consigo um custo de implantação (que pode ser um impacto na arrecadação, no caso de desonerações), a abrangência da solução, a complexidade de implementação e seu responsável. Seguindo esses critérios, foram analisadas de forma preliminar

as políticas listadas anteriormente, conforme apresentado no Quadro 5. Políticas públicas devem, portanto, avaliar o custo-benefício da iniciativa, começando por medidas de maior abrangência e menores custos fiscais e complexidade de implantação.

Quadro 5 | Análise preliminar das políticas sugeridas

Política	Esfera	Abrangência	Impacto na arrecadação	Complexidade de implementação
Meta de eficiência	Federal	Ampla	Baixo	Média
Bônus de antecipação	Federal	Ampla	Médio	Média
Etiquetagem obrigatória	Federal	Ampla	Baixo	Baixa
P&D	Vários	Ampla	Baixo	Baixa
Financiamento	Federal	Ampla	Baixo	Baixa
Incentivo monetário	Vários	Ampla	Alto	Média
Táxi elétrico	Municipal	Restrita	Baixo	Baixa
Frotistas	Federal	Restrita	Médio	Baixa
Frotas públicas	Todas	Restrita	Médio	Alta
Geração distribuída	Municipal	Ampla	Baixo	Alta
Adaptação de residências	Municipal	Ampla	Baixo	Média
Instalação de eletropostos	Municipal	Ampla	Baixo	Média
Revisão da TIPI	Federal	Ampla	Médio	Média
<i>Car sharing</i>	Municipal	Ampla	Baixo	Média
Subsídio às tarifas	Federal	Ônibus urbanos	Médio	Média
Depreciação acelerada	Federal	Ônibus urbanos	Médio	Baixa

Fonte: Elaboração própria.

Considerações finais

Os veículos elétricos e híbridos têm figurado como a fronteira tecnológica do setor automotivo. Como toda grande mudança, ela traz desafios

e incertezas. As empresas incumbentes tendem a concentrar seus esforços na manutenção do *status quo*, reinventando o veículo a combustão interna. Grandes novidades vêm surgindo e têm elevado consideravelmente a eficiência energética dos veículos. Várias dessas tecnologias são impulsionadas também pelas metas de emissões, ditadas por legislações locais. Nos últimos anos, têm sido frequentes as discussões sobre redução de peso dos veículos (uso de alumínio e fibra de carbono, retirada de sistemas como o “tanquinho”, revisão da estrutura etc.), *downsizing* do motor (uso de motores de três cilindros em vez de quatro, muitas vezes sobrealimentados) e aumento no número de marchas (veículos com transmissões de seis, sete, oito e até nove velocidades), entre outras inovações.

Além de contribuir no esforço de maior eficiência energética, os veículos elétricos não representariam impacto significativo no consumo de energia elétrica no país. Como o processo de difusão em diversos mercados desenvolvidos tem se mostrado gradual, o mesmo deve ser esperado para o Brasil. Não haveria necessidade, portanto, de investimentos adicionais em geração de energia elétrica em curto e médio prazos.

Como a maior parte dos principais centros de pesquisa automotiva localiza-se fora do país, a adoção de novas tecnologias tende a ocorrer lentamente no Brasil, após consolidação nos mercados “centrais”. Alguns exemplos dessa dinâmica incluem a difusão do sistema de freio ABS, dos *airbags*, da injeção eletrônica e do pneu radial.

As mudanças mais paradigmáticas no mercado brasileiro ocorreram aliadas a políticas públicas específicas. O caso mais emblemático é a introdução do etanol como combustível nos veículos brasileiros. Atualmente, mesmo alguns modelos importados sofrem conversão para utilização de etanol.

Estudos sobre a adoção de inovações mostram que as pessoas reagem de formas diferentes às novidades. Alguns, mais ávidos por novas tecnologias, têm um interesse especial pela sensação de exclusividade que elas podem trazer nos primeiros momentos. Embora desempenhem um papel importante nas últimas fases de desenvolvimento de produtos (são eles, por exemplo, que adotam as versões beta de novos *softwares*), tendem a não constituir um mercado relevante. Depois de mais amplamente adotadas essas tecnologias e com preços compatíveis a esses ganhos de escala, o mercado torna-se mais atraente.

O setor automotivo passa por uma revolução com a eletrificação dos veículos. Como ocorre na introdução de inovações mais radicais, a introdução de veículos elétricos, em especial os puramente elétricos, traz consigo a necessidade de mudança no comportamento dos consumidores. Em um exemplo bem simples, em vez de buscar um posto de gasolina uma vez por semana, o consumidor tem que adquirir o hábito de plugar seu automóvel diariamente na tomada. Mas as mudanças vão muito além disso.

A necessidade de mudança de comportamento traz uma insegurança ao consumidor médio, implicando um início lento. Isso mostra por que as vendas de veículos puramente elétricos parecem não deslanchar globalmente. Embora possa ser tratado como apenas mais um modelo de automóvel nos Salões do Automóvel pelo mundo, ele desperta no consumidor mediano sua aversão ao novo.

Porém, se, de um lado, há um custo para o indivíduo, a difusão de veículos elétricos representa também uma oportunidade de negócios para empresas que nem consideravam fornecer para o setor automotivo. Exemplos incluem fornecedores de equipamentos elétricos e programadores, além da possibilidade de criação de novos negócios.

O setor automotivo é responsável por grandes investimentos em P&D e inovação no Brasil e no mundo. No Brasil, ele lidera os investimentos entre os setores industriais, com 23% do total em 2011, segundo a Pesquisa de Inovação (Pintec) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Não incentivar investimentos na fronteira tecnológica significa reduzir as chances de desenvolvimento de uma indústria forte e internacionalizada, restringindo-a a desenvolvimentos periféricos. Estar no que pode se tornar a principal vertente tecnológica da indústria significa aspirar desenvolver uma capacidade exportadora. Um plano de exportação de longo prazo para mercados “centrais”, portanto, necessariamente passa pela produção local de veículos híbridos e elétricos. Da mesma forma, a manutenção de uma cadeia produtiva local também depende de sua preparação para enfrentar o novo paradigma. Novos componentes serão requeridos, abrindo espaço para fornecedores não tradicionais.

Há um conjunto amplo de políticas que podem ser adotadas pelo Brasil, com maior ou menor custo e com diferentes centros de decisão. Cabe ao país eleger a eficiência energética como meta, abrindo espaço para veículos mais limpos e para as transformações industriais inerentes a tal escolha.

Referências

- ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. *Anuário da indústria automobilística brasileira*. São Paulo, 2014.
- ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. *Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2014*. 2014. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=71976#Se_o2>. Acesso em: 8 dez. 2014.
- BARAN, R. *A introdução de veículos elétricos no Brasil: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade*. Rio de Janeiro: UFRJ/Coppe, 2012.
- BELLIS, M. *History of electric vehicles*. 2014. Disponível em: <<http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/History-Of-Electric-Vehicles.htm>>. Acesso em: 18 set. 2014.
- BORBA, B. S. *Modelagem integrada da introdução de veículos leves conectáveis à rede elétrica no sistema energético brasileiro*. Rio de Janeiro: UFRJ/Coppe, 2012.
- BP – BRITISH PETROLEUM. *Statistical review of world energy*. 2014. Disponível em: <http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Energy-Economics/statistical-review-2014/BP-Statistical_Review_of_world_energy_2014_workbook.xlsx>. Acesso em: 18 dez. 2014.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014a.
- _____. Câmara de Comércio Exterior. Resolução n. 86, de 18 de setembro de 2014b. Disponível em: <<http://www.camex.gov.br/legislacao/interna/id/1281>>. Acesso em: 16 dez. 2014.
- CASTRO, B. H.; FERREIRA, T. T. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, BNDES, n. 32, p. 267-310, 2010.

CETAD – CENTRO DE ESTUDOS TRIBUTÁRIOS E ADUANEIROS. *Carga tributária no Brasil 2012: análise por tributos e bases de incidência*. Brasília: Receita Federal, 2013.

_____. *Dados Setoriais 2008/2012*. Brasília: Receita Federal, 2014.

DIESELNET. *Emission test cycles*. [s.d.]. Disponível em: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.php>. Acesso em: 2 dez. 2014.

ELECTRIC VEHICLES NEWS. *The History of Electric Vehicles*. 2014. Disponível em: <<http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyyearly.htm>>. Acesso em: 18 set. 2014.

ELETRABRAS; COPPE-UFRJ – CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A.; INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA. *Projeto Balcar – Emissões de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Centrais Hidrelétricas*. Rio de Janeiro, 2014.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Vehicle Testing Regulations*. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nvfel/testing/regulations-vehicles.htm>>. Acesso em: 3 dez. 2014.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2022*. 2013. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/20140124_1.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2014.

_____. *Balço Energético Nacional – Relatório Síntese*. 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/BEN%202014%20Rel%20S%C3%ADntese%20ab%202013a.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

FENABRAVE – FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. *Informativo Fenabrave*, dez. 2014. Disponível em: <<http://www3.fenabrave.org.br:8082/plus/modulos/listas/index.php?tac=indices-e-numeros&idtipo=1&id=642&layout=indices-e-numeros>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

FIPE – FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS. *Preço médio de veículos*. 2014. Disponível em: <<http://www.fipe.org.br/web/index.asp?aspx=/web/indices/veiculos/introducao.aspx>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

GOV.UK. *Plug-in car and van grants*. 18 nov. 2014. Disponível em: <<https://www.gov.uk/plug-in-car-van-grants>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

GREEN CAR CONGRESS. *IEC publishes two EV charging standards; global consensus on plugs and sockets*. 20 out. 2011. Disponível em: <<http://www.greencarcongress.com/2011/10/iec-20111020.html>>. Acesso em: 8 dez. 2014.

HANNISDAHL, O. H.; MALVIK, H. V.; WENSAAS, G. B. The future is electric! The EV revolution in Norway – explanations and lessons learned. In: INTERNATIONAL BATTERY, HYBRID AND FUEL CELL ELECTRIC VEHICLE SYMPOSIUM. Barcelona, 17-20 nov. 2013. p. 1-13. Disponível em: <<http://www.gronnbil.no/getfile.php/FILER/Norway%20-%20lessons%20learned%20from%20a%20global%20EV%20success%20story%20-%20Final.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2014.

HARTMAN, K. State Efforts Promote Hybrid and Electric Vehicles. *NCSL*, 23 out. 2014. Disponível em: <<http://www.ncsl.org/research/energy/state-electric-vehicle-incentives-state-chart.aspx>>. Acesso em: 11 dez. 2014.

HUSAIN, I. *Electric and hybrid vehicles: design fundamentals*. Boca Raton: CRC Press, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa de Inovação 2011*. 2013. Disponível em: <<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/pintec2011%20publicacao%20completa.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2014.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Global EV Outlook: Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020*. Paris: International Energy Agency, 2013.

ILOS. *Custos Logísticos no Brasil – 2014*. 2014. Disponível em: http://www.ilos.com.br/ilos_2014/analise-de-mercado/relatorios-de-pesquisa/custos-logisticos-no-brasil/#toggle-id-2. Acesso em: 16 mai. 2014.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *How ISO standards support global car industry*. Genève: International Organization for Standardization (ISO), 2012.

KÜHLWEIN, J.; GERMAN, J.; BANDIVADEKAR, A. *Development of test cycle conversion factors among worldwide light-duty vehicle CO₂ emission standards*. Washington: ICCT, 2014.

MARKLINES. *Models by Country – Sales*. 2014. Disponível em: <http://www.marklines.com/en/vehicle_sales/>. Acesso em: 14 nov. 2014.

MATULKA, R. The History of the Electric Car. *Energy.gov*, 15. set. 2014. Disponível em: <<http://energy.gov/articles/history-electric-car>>. Acesso em: 25 nov. 2014.

MCKINSEY & COMPANY. *Evolution. Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?* Amsterdam: Amsterdam Roundtables Foundation, 2014.

MEHRDAD, E.; YIMIN, G.; ALI, E. *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles*. Boca Raton: CRC Press, 2010.

MOCK, P.; YANG, Z. *Driving electrification: a global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles*. Washington, DC: International Council on Clean Transportation, 2014.

NASCIMENTO, T. Petrobras não tem mais previsão para início da segunda etapa de operação da Refinaria Abreu e Lima. *Diário de Pernambuco*, 29 jan. 2015. Disponível em: <http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/economia/2015/01/29/internas_economia,557751/petrobras-nao-tem-mais-previsao-para-inicio-da-segunda-etapa-de-operacao-da-refinaria-abreu-e-lima.shtml>. Acesso em: 5 fev. 2015.

NICOLA, S. Germany proposes free parking to spur electric-car sales. *Bloomberg*, 24 set. 2014. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com/news/2014-09-24/germany-proposes-free-parking-to-spur-electric-car-sales.html>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

ONTARIO. Ministry of Transportation. *High Occupancy Vehicle (HOV) Lanes*. 2012. Disponível em: <<http://www.mto.gov.on.ca/english/traveller/hov/>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

PBE – PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. *Consulta de Veículos Leves*. 2014. Disponível em: <<http://pbeveicular.petrobras.com.br/TabelaConsumo.aspx>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

PEREIRA, F. Gurgel Itaipu. *Quatro Rodas*, abr. 2007. Disponível em: <http://quatorrodas.abril.com.br/classicos/brasileiros/conteudo_229224.shtml#galeria>. Acesso em: 25 nov. 2014.

PORTAL DO MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC). *Acordos internacionais*. 2015. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=704&refr=327>>. Acesso em: 9 fev. 2015.

REDAÇÃO AB. Ford alcança mil unidades vendidas do Fusion Hybrid. *AutomotiveBusiness*, 5 dez. 2014. Disponível em: <http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/21063/ford-alcanca-mil-unidades-vendidas-do-fusion-hybrid?utm_source=akna&utm_medium=email&utm_campaign=Newsletter+Automotive+Business+-+8%2F12%2F2014>. Acesso em: 9 jan. 2015.

SAE – SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. *SAE Charging Configurations and Ratings Terminology*. 2011. Disponível em: <<http://www.sae.org/smartgrid/charging speeds.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2015.

SALDIVA, P. Paulo Saldiva, médico especialista em poluição atmosférica. Entrevistador: A. Nunes. 2010. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/blog/augusto-nunes/videos-veja-entrevista/paulo-saldiva-medico-especialista-em-poluicao-atmosferica/>>. Acesso em: 18 dez. 2014.

SARTORI, R. A. Célula a combustível em teste. *Unica*, 5 ago. 2002. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/convidados/37588920920334743692/celula-a-combustivel-em-teste/>>. Acesso em: 2 dez. 2014.

SHAHAN, Z. World Electrified Vehicle Sales (2013 Report). *EV Obsession*, 10 fev. 2014. Disponível em: <<http://evobsession.com/world-electrified-vehicle-sales-2013/>>. Acesso em: 5 jan. 2015.

SIMON, E. C. *Avaliação de impactos da recarga de veículos elétricos em sistemas de distribuição*. Rio de Janeiro: UFRJ/Coppe, 2013.

SPERANDIO, M.; SALDANHA, J.; BASSO, C. O impacto dos veículos elétricos plug-in no sistema de transmissão. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA. Campina Grande, 2-6 set. 2012. Disponível em: .

<<http://www.eletrica.ufpr.br/anais/cba/2012/Artigos/100243.pdf>>.

Acesso em: 18 dez. 2014.

SWEDISH AGENCY FOR GROWTH POLICY ANALYSIS. *Governance for electric vehicle innovation: Lessons from South Korea, India, China and Japan*. Östersund: Swedish Agency For Growth Policy Analysis, 2013.

TESLA MOTORS. *Electric vehicle incentives around the world*. 2014.

Disponível em: <<http://www.teslamotors.com/incentives/US>>. Acesso em: 18 dez. 2014.

UNECE – UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. *Vehicle Regulations*. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.unece.org/trans/main/welcwp29.html>>. Acesso em: 8 dez. 2014.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *International Test Cycles for Emissions and Fuel Economy*. [s.d.]. Disponível em: <http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/approaches/information/test_cycles.asp#pg>. Acesso em: 3 dez. 2014.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. *All-Electric Vehicles (EVs)*. 2014.

Disponível em: <<http://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>>. Acesso em: 17 dez. 2014.

_____. *Electric Vehicle Charging Station Locations*. 2015. Disponível em: <http://www.afdc.energy.gov/fuels/electricity_locations.html>. Acesso em: 5 jan. 2015.

USPS – UNITED STATES POSTAL SERVICE. *Electric Vehicles in the Postal Service*. 2014. Disponível em: <<https://about.usps.com/who-we-are/postal-history/electric-vehicles.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2014.

VERGIS, S. *et al. Plug-in electric vehicles: a case study of seven markets*. Davis: Institute of Transportation Studies – University of California, 2014.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *IARC: Diesel Engine Exhaust Carcinogenic*. 2012. Disponível em: <http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_E.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2014.

WILSON, L. *Shades of Green: Electric Cars' Carbon Emissions Around the Globe*. Shrink That Footprint, 2013.

YANG, Z. Improving the conversions between the various passenger vehicle fuel economy/CO₂ emission standards around the world. *ICCT*, 3 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.theicct.org/blogs/staff/improving-conversions-between-passenger-vehicle-efficiency-standards>>. Acesso em: 8 jan. 2015.

Sites consultados

AUTOLIB – <www.autolib.fr>.

MOBI.E – <www.mobie.pt/>.