

# ***ELETRIFICAÇÃO DE VEÍCULOS E O FUTURO DO ETANOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL***





**CNPq**  
Centro Nacional de Pesquisa  
em Energia e Materiais

**DEZEMBRO DE 2018**

## ***SOBRE O DOCUMENTO***

Este documento foi produzido a partir do trabalho de profissionais do CNPEM e expressa a posição institucional do Centro. O CNPEM agradece à dedicação dos profissionais integrantes do Grupo de Trabalho — Antonio Bonomi, Carlos Driemeier, Edson Roberto Leite, Luis Augusto Barbosa Cortez e Manoel Regis Lima Verde Leal — e a Mateus Ferreira Chagas pela contribuição nas análises de ciclo de vida.

O CNPEM também agradece aos diretores Eduardo do Couto e Silva e Adalberto Fazzio pela contribuição na organização da Reunião Estratégica “Futuro da motorização de veículos: eletricidade ou combustíveis?”, realizada no dia 13 de junho de 2018 na sede do Centro. Por fim, o CNPEM agradece aos convidados que participaram dessa Reunião Estratégica. Nominalmente, agradecemos a André Melo Bacellar, Alex Sandro Barbosa Passos, Daniel Gabriel Lopes, Danilo do Nascimento Leite, Ennio Peres da Silva, Estevam Vitorio Spinace, Eugênio Pacelli Dantas Coelho, Francisco Emílio Baccaro Nigro, Isaias de Carvalho Macedo, Luiz Augusto Horta Nogueira, Márcio Massakiti Kubo, Marcos Palasio, Maria de Fátima Rosolem, Michele Karl Gansauskas, Plínio Ferreira Cabral Junior, Raul Fernando Beck, Ricardo Sá Gugisberg, Ricardo Simões de Abreu e Thomas Stefan Güntert. Os argumentos apresentados nesse painel de convidados foram fundamentais para que o CNPEM pudesse construir este documento.

Na expectativa de contribuir para o debate e a definição de políticas nacionais, assinam:



**Antônio José Roque da Silva**  
Diretor Geral do CNPEM



**Rogério Cezar de Cerqueira Leite**  
Presidente do Conselho de  
Administração do CNPEM



## SUMÁRIO

Introdução .....	05
Avanço da eletrificação no mundo .....	06
Cenários globais para bioenergia e biocombustíveis .....	07
Singularidade do contexto brasileiro .....	09
Riscos ao importar um modelo de mobilidade elétrica para o Brasil .....	10
Desafios para um modelo brasileiro de mobilidade sustentável .....	12
Futuro do etanol combustível e da singularidade brasileira .....	13
Conclusões .....	14
Referências.....	15

## INTRODUÇÃO

Veículos elétricos vêm ganhando mercado em vários países do mundo. Na China, os investimentos na fabricação de veículos elétricos colocam o país na liderança desse mercado<sup>1</sup>. Na Europa, países como Noruega, Irlanda, Holanda, França e Reino Unido anunciaram a proibição da venda de carros movidos por motor a combustão em prazos que variam de 2025 a 2040<sup>1</sup>. Nos Estados Unidos, a Tesla se tornou a companhia automotiva de maior valor de mercado e veículos elétricos são apresentados como parte de uma ruptura tecnológica no setor de transportes<sup>2</sup>.

No Brasil, o uso de veículos elétricos ainda é estatisticamente insignificante, mas essa nova realidade começa a estabelecer suas bases por aqui. Além das indústrias que têm vínculo direto com o tema, a perspectiva dos veículos elétricos já chegou ao público mais amplo, com séries de reportagens veiculadas na televisão<sup>3</sup> e nas imprensas especializadas em veículos automotores<sup>4</sup> e em biocombustíveis<sup>5</sup>. Esse último setor merece particular reflexão, pois o Brasil é singular na produção e uso de biocombustíveis e a eletrificação de veículos tem potencial para alterar esse mercado, em especial do etanol.

Nesse contexto, a Presidência do Conselho de Administração e a Direção Geral do CNPEM criaram um grupo de trabalho que atuou ao longo de seis meses para diagnosticar a situação. O grupo trabalhou com base no conhecimento existente no CNPEM e em publicações recentes sobre o tema. O grupo também organizou a Reunião Estratégica “Futuro da motorização de veículos: eletricidade ou combustíveis?”, realizada no dia 13 de junho de 2018 na sede do CNPEM. A reunião compôs um painel diversificado de opiniões de profissionais da academia e da indústria, com conhecimento técnico e de mercado nas áreas de energia elétrica, combustíveis e veículos automotores. O presente documento sintetiza o resultado desse processo de diagnóstico. O documento analisa os cenários global e brasileiro nas áreas de eletrificação de veículos e biocombustíveis, discute as singularidades brasileiras com especial atenção ao etanol e propõe caminhos para o desenvolvimento dos biocombustíveis no Brasil em sintonia com um contexto mais amplo de descarbonização.



## AVANÇO DA ELETRIFICAÇÃO NO MUNDO

O avanço de diversas tecnologias de energia renovável pode ser analisado a partir de um quadro comparativo como na *Tabela 1*. De forma geral, as tecnologias renováveis ainda são pequenas comparadas à energia primária total. Por outro lado, as renováveis crescem a taxas anuais muito superiores aos 1,5% observados para a energia primária: 50% de crescimento anual para fotovoltaica, 20% para eólica e 8-9% para bioeletricidade, biocombustíveis e etanol. Embora 67% da eletricidade global ainda tenha origem fóssil, a tendência é de rápido crescimento da eletricidade renovável. Isso levou a um importante marco global alcançado em 2015: a capacidade adicionada de geração elétrica passou a ser majoritariamente renovável<sup>6</sup>.

Tipo de energia	Período analisado	Crescimento médio anual	Energia em 2017 (EJ)	Fonte
Geração fotovoltaica	2007-2017	50%	1,5	7*
Geração eólica	2007-2017	20%	3,7	7*
Geração bioeletricidade	2007-2017	9%	1,9	7*
Produção biocombustíveis	2007-2017	8%	3,5	8
Produção etanol	2007-2017	8%	2,3	9
Produção de energia primária	2007-2017	1,5%	566	8
Consumo em veículos elétricos	2015-2017	26%	0,19	1

*Tabela 1: Quadro comparativo de diversas formas de geração e consumo de energia em escala global. O quadro compara o crescimento médio anual dentro do período analisado e a energia gerada ou consumida no ano de 2017.*

*\* Foram usados dados de capacidade instalada em 2017, assumindo fatores de capacidade observados em 2015.*

O avanço das energias solar e eólica se deve a avanços da tecnologia e melhorias das condições de financiamento, o que vem permitindo quedas consistentes do custo da energia gerada<sup>10</sup>. As baterias para veículos elétricos parecem trilhar caminho semelhante, embora o consumo global de energia por veículos elétricos ainda seja relativamente pequeno (*Tabela 1*). No atual estágio da tecnologia, a viabilidade econômica dos veículos elétricos depende de mercados nicho ou de subsídios. No entanto, com a queda do custo das baterias<sup>1</sup>, espera-se que os veículos elétricos venham a alcançar custos competitivos ao longo das próximas décadas.

A China lidera nas novas tecnologias de eletrificação. Ela produz mais de 60% das células e dos módulos fotovoltaicos do mundo<sup>11</sup>. Dos 54 TWh (0,19 EJ) de eletricidade consumida em 2017 por veículos elétricos (*Tabela 1*), 91% do consumo ocorreu na China, principalmente em ônibus e veículos de duas rodas<sup>1</sup>. A frota mundial de carros elétricos de passageiros atingiu 3,1 milhões de unidades em 2017 (0,25% da frota mundial). Desses carros elétricos, 40% estão na China, comparado com 25% na Europa e 25% nos Estados Unidos<sup>1</sup>.

## CENÁRIOS GLOBAIS PARA BIOENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS

Os cenários para o futuro do sistema energético global divergem principalmente na aceitação ou não da premissa de descarbonização, entendida como alinhamento às metas do acordo de Paris. A Tabela 2 compara cenários da Agência Internacional de Energia (IEA)<sup>12</sup> e do Energy [R]evolution<sup>13</sup>, este elaborado com associações de energia solar e eólica, o que lhe confere algum viés pró-eletrificação. Em todos os cenários, bioenergia e biocombustíveis crescem em termos absolutos até 2050-2060. Em termos relativos, a bioenergia fica estacionada em 10,1-12,0% da energia primária (sem descarbonização) ou cresce para 17,6-23,2% (com descarbonização). Por sua vez, os biocombustíveis crescem em todos os cenários, partindo de 4,8% da bioenergia em 2014 para 11,9-20,7% em 2050-2060. O crescimento dos biocombustíveis reflete sua modernidade dentro da bioenergia, o que lhe dá vantagem sobre bioenergias tradicionais (como a lenha) para as quais se buscam substitutos mais modernos.

Cenário	Energia Primária (EJ)	Bioenergia (EJ)	Biocombustíveis (EJ)	Bioenergia (% Primária)	Biocombustíveis (% Bioenergia)	Descarbonização
IEA-Observado (2014)	570	63	3	11,1%	4,8%	-
IEA-RTS (2060)	843	101	12	12,0%	11,9%	NÃO
IEA-2DS (2060)	665	145	30	21,8%	20,7%	SIM
IEA-B2DS (2060)	625	145	24	23,2%	16,6%	SIM
E[R] Referência (2050)	860	87	8,0	10,1%	9,2%	NÃO
E[R] (2050)	433	76	9,3	17,6%	12,2%	SIM

Tabela 2: Quadro comparativo de cenários energéticos globais para os anos de 2060 (IEA)<sup>12</sup> e 2050 (E[R])<sup>13</sup>, mostrando o aumento significativo das contribuições da bioenergia e dos biocombustíveis em comparação com o observado em 2014.

Os cenários de descarbonização indicam que a bioenergia ficará concentrada em aplicações nas quais as alternativas para descarbonização são escassas<sup>12,14</sup>. Essa indicação considera que há um limite máximo para a bioenergia sustentável (145 EJ nos cenários IEA-2DS e IEA-B2DS da Tabela 2), contrastando com as energias solar e eólica que podem alcançar escalas maiores. Portanto, não caberia à bioenergia concorrer com eletricidade solar e eólica, mas sim complementá-las onde não são competitivas. Destaca-se que a principal limitação para uso em larga escala de solar e eólica é a intermitência de geração, que se associa a custos adicionais para armazenamento da energia elétrica gerada.

No caso dos veículos elétricos, a energia é armazenada por baterias eletroquímicas. Mesmo reconhecendo potenciais avanços da tecnologia, a densidade energética de baterias como as de íons lítio ( $0,7 \text{ MJ/kg}$ )<sup>1</sup> é muito inferior às densidades energéticas de combustíveis líquidos como o etanol hidratado ( $26 \text{ MJ/kg}$ ) ou a gasolina C ( $39 \text{ MJ/kg}$ )<sup>15</sup>. Dessa forma, o uso de baterias é limitado a quantidades relativamente pequenas de energia, o que em veículos se traduz em limites de autonomia. Seguindo esse raciocínio, os cenários de descarbonização preconizam que os biocombustíveis priorizem aplicações de longa distância e difícil eletrificação, principalmente transporte rodoviário de longa distância, navegação e aviação. No entanto, hoje cerca de  $\frac{2}{3}$  do biocombustível consumido no mundo é etanol para veículos leves, um mercado sobre o qual a eletrificação vem avançando. Por isso, cenários de descarbonização indicam a necessidade de mudança do perfil de uso dos biocombustíveis para que se posicionem de modo a complementar e não competir com a eletricidade renovável.

Além da mudança no perfil de uso, a descarbonização traz novos interesses para o setor de biocombustíveis. Ao longo das últimas décadas, a força perene na promoção dos biocombustíveis tem sido o interesse do produtor, atuando majoritariamente em cadeias integradas de alimentos e biocombustíveis e usualmente amparado por políticas locais e nacionais. O açúcar integrado ao etanol de cana, bem como a proteína integrada ao etanol de milho e ao biodiesel de soja são exemplos históricos de sucesso. A produção integrada insere o produtor de alimentos em um novo mercado (combustíveis), aumenta sua rentabilidade, reduz seus riscos de mercado e, dessa forma, fortalece a sustentabilidade econômica das cadeias produtivas. Já no contexto de descarbonização, o desafio é intrinsecamente global e, além dos produtores, o interesse vem também de consumidores que querem se descarbonizar. Nos casos de navegação e aviação, são consumidores de perfil internacional que trazem uma complexidade adicional às históricas políticas locais e nacionais para promoção de biocombustíveis.



## **SINGULARIDADE DO CONTEXTO BRASILEIRO**

A partir do Proálcool na década de 1970, o Brasil desenvolveu um modelo único no mundo, que conta com uso em larga escala do etanol como combustível veicular<sup>16</sup>. A singularidade brasileira pode ser numericamente demonstrada pela razão entre os volumes consumidos de etanol e gasolina. No Brasil, esta razão é 0,9. Nos Estados Unidos, maior produtor global de etanol, a razão é 0,1. Na média mundial, é 0,07. A excepcionalidade se traduz em outras duas particularidades bem marcadas da paisagem brasileira: 1) a infraestrutura para distribuição de etanol hidratado e 2) a frota de veículos leves dominada por motores flex que funcionam com qualquer proporção de etanol e gasolina.

Além do já consolidado uso em larga escala do etanol, é preciso destacar a pujança do agronegócio brasileiro, uma força poderosa a apoiar o avanço dos biocombustíveis. Também é necessário destacar a criação em 2017 da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)<sup>17</sup>. O RenovaBio reconhece que biocombustíveis reduzem as emissões de gases de efeito estufa (GEE), cria instrumentos de mercado para remunerar as emissões evitadas, promove a eficiência ambiental e dá previsibilidade para o aumento gradual da participação dos biocombustíveis na matriz energética. O crescimento dos biocombustíveis ocorrerá via metas de redução da intensidade de carbono ( $\text{gCO}_2\text{e/MJ}$ ) da matriz de combustíveis, partindo de  $74,25 \text{ gCO}_2\text{e/MJ}$  em 2017 e chegando a  $66,75 \text{ gCO}_2\text{e/MJ}$  em 2028<sup>18</sup>.

## RISCOS AO IMPORTAR UM MODELO DE MOBILIDADE ELÉTRICA PARA O BRASIL

Em vista do avanço global da eletrificação e das singularidades brasileiras relacionadas aos biocombustíveis, cabe questionar quais seriam os riscos e as oportunidades na entrada de veículos elétricos no Brasil. A Tabela 3 apresenta objetivos da China, que hoje lidera a introdução de veículos elétricos, e contrapõe a aplicabilidade desses objetivos considerando as circunstâncias do Brasil.

Aplicabilidade de objetivos dos veículos elétricos nas circunstâncias da China e do Brasil			Comentário sobre a circunstância do Brasil
Objetivo na promoção de veículos elétricos			
Redução da dependência de petróleo importado	SIM	NÃO	Petróleo do pré-sal retira essa questão de segurança energética
Promoção de uma nova indústria	SIM	PARCIAL	Indústria brasileira é seguidora na eletrificação
Exportação de um modelo energético e seus produtos	SIM	NÃO	Brasil exporta o modelo de biocombustíveis
Redução das emissões de GEE	SIM	PARCIAL	Brasil tem os biocombustíveis como alternativa de larga escala
Aumento da eficiência energética veicular	SIM	SIM	Vantagens técnicas da eletrificação (interesse geral)
Redução da poluição local (principalmente urbana)	SIM	SIM	

Tabela 3: Comparativo de interesses de China e Brasil na promoção de veículos elétricos. O quadro lista objetivos aplicáveis à China contrapostos às circunstâncias do Brasil.

Há vantagens técnicas da eletrificação — eficiência energética e redução de poluição local — que atendem a interesses gerais. Porém, face à sua dependência de hidrocarbonetos importados, a China tem preocupações de segurança energética que não se aplicam ao Brasil. Além disso, a China está liderando a introdução de mobilidade elétrica e está criando uma indústria chinesa para esta finalidade. Do lado brasileiro, temos posição de seguidor na mobilidade elétrica e nossa liderança se dá nos biocombustíveis, o que contrasta com as circunstâncias chinesas. Vista sob essa perspectiva, a eletrificação pode colocar o Brasil como grande importador de insumos para seus setores de energia e mobilidade, gerando desequilíbrios na sua balança de pagamentos.

Por fim, a eletrificação baseada em fontes renováveis pode de fato reduzir emissões de GEE, mas o Brasil tem nos biocombustíveis uma alternativa também aplicável em larga escala. A Tabela 4 apresenta as emissões de GEE associadas ao ciclo de vida da operação de veículos de passageiros para diferentes tipos de unidades de potência e fontes de energia. As emissões totais incluem aquelas decorrentes da produção da energia (combustível ou eletricidade), bem como à montagem, operação e manutenção dos veículos, sendo a unidade funcional o quilômetro percorrido pelos diferentes veículos. Nessa análise, um veículo flex emitiria 226 gCO<sub>2</sub>e/km se rodasse com

gasolina A. Essa emissão cairia para 196 gCO<sub>2</sub>e/km se rodasse com gasolina C (E27), 80 gCO<sub>2</sub>e/km se rodasse com etanol hidratado (E100) e 74 gCO<sub>2</sub>e/km caso o veículo rodando com etanol fosse híbrido. Em comparação, um veículo elétrico à bateria carregado na rede brasileira emitiria 96 gCO<sub>2</sub>e/km, ligeiramente acima das emissões calculadas para uso do etanol.

Tipo de veículo	Fonte de energia do veículo	Emissões de GEE na produção e uso de energia <sup>a</sup>	Eficiência energética <sup>b</sup>	Emissões de GEE por km rodado	
				Contribuição do uso de energia	Total (energia e veículo) <sup>c</sup>
		gCO <sub>2</sub> e/MJ	MJ/km	gCO <sub>2</sub> e/km	gCO <sub>2</sub> e/km
Flex	Gasolina A	<b>87,4</b>	2,19	<b>191</b>	<b>226</b>
Flex	Gasolina C (E27)	<b>73,8</b>	2,19	<b>162</b>	<b>196</b>
Flex	Etanol (E100)	<b>20,8</b>	2,19	<b>46</b>	<b>80</b>
Híbrido	Etanol (E100)	<b>20,8</b>	1,64	<b>34</b>	<b>74</b>
Elétrico	Eletricidade	<b>55,5</b>	0,72	<b>40</b>	<b>96</b>

*Tabela 4: Emissões de GEE considerando a avaliação do ciclo de vida da operação de veículos leves de passageiros.*

**a** Baseados nos valores de referência do RenovaBio<sup>19</sup>.

**b** Baseado em valores da base de dados Ecoinvent v3.1<sup>20</sup>.

**c** Inclui as emissões da montagem e manutenção do veículo (dados de <sup>20</sup>), considerando vida útil de 288.394 km para veículos a combustão interna, 216.296 km para veículos elétricos, e 100.000 km para as baterias<sup>21</sup>.

Em resumo, os quadros comparativos das Tabelas 3 e 4 mostram que a simples importação de um modelo de mobilidade elétrica pode ser danoso ao Brasil. Concretamente, podemos criar dependência externa e, simultaneamente, romper cadeias produtivas estabelecidas no Brasil, sem que isso necessariamente promova reduções significativas nas emissões de GEE.

## DESAFIOS PARA UM MODELO BRASILEIRO DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

Se a simples importação de um modelo de mobilidade elétrica traz riscos, cabe questionar o que seria um modelo que considere as singularidades brasileiras e que seja econômica, social e ambientalmente sustentável. Tal modelo poderia ser construído sobre os seguintes objetivos:



*Redução das emissões de GEE;*

*Incorporação das tecnologias de eletrificação veicular no Brasil, trazendo ganho de eficiência energética e redução de poluição local, mas limitando a dependência externa de insumos e tecnologias;*

*Manutenção da liderança brasileira na produção e uso de biocombustíveis;*

*Aproveitamento da complementaridade técnica entre eletricidade (eficiência) e biocombustíveis (autonomia);*

*Geração de empregos e oportunidades no Brasil.*

Cabe destacar que o novo regime automotivo brasileiro, o recém-lançado Rota 2030<sup>22</sup>, traz entre suas diretrizes: o incremento da eficiência energética, o aumento dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação no País, o estímulo às novas tecnologias, a promoção do uso de biocombustíveis e formas alternativas de propulsão e a integração da indústria automotiva brasileira às cadeias globais de valor. Ou seja, as diretrizes do Rota 2030 apontam em direção semelhante aos objetivos acima expostos. Dentre os tipos de veículos a serem considerados, cabe destaque aos veículos híbridos a etanol, nos quais o uso do etanol seria um moderador da demanda por baterias, infraestrutura de recarga e energia elétrica.

Em tal modelo de mobilidade sustentável, a gasolina seria gradualmente substituída pela combinação de eletricidade e etanol. Por se alinhar aos objetivos globais de descarbonização, veículos leves alimentados por eletricidade e etanol constituiriam um modelo exportável. Poderiam se transformar em um caso de sucesso tal qual a adição de etanol à gasolina, que aumenta a octanagem do combustível e a eficiência dos motores<sup>23</sup> e já é realidade em mais de 30 países (incluindo Estados Unidos, China, Índia e a maior parte da América Latina)<sup>11</sup>. Cabe destacar que, devido à importância do etanol no Brasil, podemos ser pioneiros nesse casamento de eletricidade e etanol para mobilidade. Pesquisa, desenvolvimento e inovação nessa área serão fundamentais se o Brasil quiser aproveitar essa oportunidade de pioneirismo.

## **FUTURO DO ETANOL COMBUSTÍVEL E DA SINGULARIDADE BRASILEIRA**

Ao longo de sua história, o etanol combustível cresceu como substituto da gasolina. O espaço para crescer por esse caminho ainda é vasto, principalmente no mercado internacional. No entanto, a entrada de carros elétricos cria uma situação singular para o etanol brasileiro. Dado que no Brasil o etanol corresponde a fração substancial do combustível consumido por veículos leves, a eletrificação pode criar uma prematura competição entre duas energias renováveis: eletricidade e etanol. A seguir, analisamos quando e como essa competição pode ocorrer e de que forma ela pode ser mitigada.


No horizonte até 2030, há informações que permitem traçar alguns cenários. Do lado da eletrificação, a Reunião Estratégica realizada no CNPEM mapeou que, na mediana das expectativas dos convidados, o Brasil alcançaria em 2030 a marca de 10% dos veículos leves novos sendo carregáveis com energia elétrica (isto é, veículos elétricos à bateria ou híbridos plug-in). Isso representaria cerca de 2-3% da frota de veículos leves em 2030, o que traria um impacto ainda modesto para a demanda de combustíveis. Do lado do etanol, a oferta em 2017 foi de 29,4 bilhões de litros e as projeções são de 47,1 bilhões de litros em 2028 no modelo RenovaBio<sup>19</sup> ou 42,8-54,0 bilhões de litros em 2030 nos cenários da Empresa de Pesquisa Energética (EPE)<sup>24</sup>. Portanto, até 2030 a eletrificação de veículos estabelece suas bases no Brasil enquanto o mercado de etanol cresce regido por outras variáveis, com especial atenção ao RenovaBio.

No horizonte após 2030, o avanço da eletrificação de veículos pode causar impactos sistêmicos nas cadeias de eletricidade, petróleo e biocombustíveis. Do lado da eletrificação, espera-se gradual crescimento da frota de veículos elétricos, com consequente substituição de combustíveis por eletricidade. Para fins de descarbonização, o crescimento do uso da eletricidade em veículos leves deveria ser conduzido para substituição de gasolina, preservando o etanol. Porém, esse direcionamento pode reduzir de maneira drástica o mercado de gasolina no Brasil, criando um desbalanço na demanda pelos diversos produtos do refino do petróleo. Do lado dos biocombustíveis, o crescimento da oferta pode ser conduzido na direção de complementar e não de competir com a eletricidade renovável, no contexto da já mencionada mudança do perfil de uso dos biocombustíveis. Em suma, atuando com algum grau de coordenação que contemple o recuo dos combustíveis fósseis junto com os avanços da eletricidade renovável e do conjunto dos biocombustíveis, a descarbonização da economia brasileira poderá ocorrer com melhor planejamento de investimentos, maior eficiência e menor custo.



## CONCLUSÕES

A análise feita neste documento nos permite chegar às seguintes conclusões.



*Geração de eletricidade renovável e veículos elétricos avançam rapidamente em escala global, impulsionados por reduções de custos e liderança chinesa. No entanto, os veículos elétricos ainda são caros e dependem de mercados nicho e subsídios.*

*Biocombustíveis ganharão importância na matriz energética global, principalmente em cenários de descarbonização. Em tais cenários, o uso de biocombustíveis será prioritário no transporte rodoviário de longa distância, na navegação e na aviação.*

*O Brasil é singular na produção e uso de biocombustíveis. A proporção de etanol na matriz de combustíveis, a infraestrutura para distribuição de etanol hidratado, a frota de veículos com motores flex, a importância do agronegócio e a existência do RenovaBio são pilares da singularidade brasileira.*

*A simples importação de um modelo de mobilidade elétrica traz riscos ao Brasil, pois pode criar dependência externa e, simultaneamente, romper cadeias produtivas estabelecidas no País.*

*Um modelo de mobilidade sustentável, que considere aspectos econômicos, sociais e ambientais, deveria buscar a integração entre eletricidade e etanol nos veículos leves. Em tal modelo, que seria exportável, o etanol seria um moderador da demanda por baterias, infraestrutura de recarga e energia elétrica.*

*Avaliando tendências e expectativas atuais, no horizonte até 2030 a eletrificação de veículos estabelece suas bases no Brasil, enquanto o mercado de etanol é influenciado por outras variáveis, com destaque para o RenovaBio. Para o horizonte após 2030, recomenda-se algum grau de coordenação que contemple o recuo dos combustíveis fósseis junto com os avanços da eletricidade renovável e do conjunto dos biocombustíveis, de modo a promover melhor planejamento de investimentos, maior eficiência e menores custos na descarbonização da economia brasileira.*

## REFERÊNCIAS

- [1] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Global EV Outlook 2018**. Paris: OECD/IEA, 2018.
- [2] SEBA, T. **Technology Megatrends Leading to the Disruption of Transportation 2020-2030**. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=KVm74yE0aUE>>
- [3] GLOBO. **Série JN: Carros elétricos**. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/6895414/>>
- [4] QUATRO RODAS. **Carro elétrico**. Disponível em < <https://quatorrodas.abril.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico>>
- [5] NOVACANA. **Carro elétrico**. Disponível em <<http://www.novacana.com/tag/195-carro-eletrico/>>
- [6] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **World Energy Outlook 2016**. Paris: IEA/OECD, 2016.
- [7] INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. **Statistics Time Series**. Disponível em: <<http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/>>.
- [8] BP. **BP Statistical Review of World Energy 2018**. London: BP, 2018
- [9] RENEWABLE FUELS ASSOCIATION - RFA. **Industry Statistics**. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/>>.
- [10] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Next Generation Wind and Solar Power**. Paris: IEA/OECD, 2016.
- [11] RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY - REN21. **Renewables 2018 Global Status Report**. Paris: REN21, 2018
- [12] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy Technology Perspectives 2017**. Paris: IEA/OECD, 2017.
- [13] GREENPEACE INTERNATIONAL; GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL; SOLAR POWER EUROPE. **Energy [R] evolution: a sustainable world energy outlook 2015**. Hamburg: 2015.
- [14] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Technology Roadmap: Delivering Sustainable Bioenergy**. Paris: OECD/IEA, 2017.
- [15] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Rio de Janeiro: ANP, 2018
- [16] CORTEZ, L. A. B. **Proálcool 40 anos: Universidades e Empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro**. São Paulo: Blucher, 2016.
- [17] BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. **Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências**. Diário Oficial da União de 27/12/2017.
- [18] BRASIL. Resolução nº 5 de 5 de junho de 2018 do Conselho Nacional de Política Energética. **Estabelece as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis**. Diário Oficial da União de 6/06/2018.
- [19] BRASIL. Consulta Pública - Anexo da Nota Técnica nº 12/2018/DBIO/SPG. **Proposta de Metas Compulsórias Anuais de Redução de Emissões na Comercialização de Combustíveis**. Brasília: MME, 2018.
- [20] WERNET, G.; BAUER, C.; STEUBING, B.; REINHARD, J.; MORENO-RUIZ, E.; WEIDEMA, B.; 2016. **The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology**. The International Journal of Life Cycle Assessment, v. 21 n. 9, p. 1218-1230.
- [21] UNION OF CONCERNED SCIENTISTS. **Cleaner Cars from Cradle to Grave – How Electric Cars Beat Gasoline Cars on Lifetime Global Warming Emissions**. UCS, 2015.
- [22] BRASIL. Medida Provisória nº 843 de 5 de julho de 2018. **Estabelece requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no Brasil, institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística e dispõe sobre o regime tributário de autopeças não produzidas**. Diário Oficial da União de 6/07/2018.
- [23] HAN, J.; ELGOWAINY, A.; WANG, M.; DIVITA, V. **Well-to-Wheels Greenhouse Gas Emissions Analysis of High-Octane Fuels with Various Market Shares and Ethanol Blending Levels**. Argonne National Laboratory, 2015.
- [24] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Cenários de Oferta de Etanol e demanda do Ciclo Otto 2018-2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

