

VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL, DESAFIOS PARA SUA ADOÇÃO E SEU POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA

José Ricardo Cavalcanti Uchoa Almeida, almeida.jose@ufba.br¹

Alex Álisson Bandeira Santos, alex.santos@fieb.org.br²

Edmar Luiz Fagundes de Almeida, F. Almeida, edmar@ufrj.br³

Antonio Francisco Silva Jr., antoniofasj@ufba.br⁴

Jorge Ubirajara Pedreira Junior, jorge.ubirajara@ufba.br¹

¹ Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica/DETG, BA, Brasil

² Campus Integrado de Manufatura e Tecnologias, SENAI CIMATEC, BA, Brasil

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto Economia/GEE, RJ, Brasil

⁴ Universidade Universidade Federal da Bahia - Escola de Administração, BA, Brasil

Resumo: O presente artigo busca apresentar os conceitos dos veículos elétricos, e seus desafios com relação a sua adoção. Além disso, apresenta o panorama mundial e o seu nível de penetração de mercado. Adicionalmente, apresenta o panorama brasileiro, bem como calcula o nível de penetração dos Veículos Elétricos, e o impacto desta tecnologia na demanda do emprego dos combustíveis a partir de hidrocarbonetos no Brasil, utilizando o método de construção de cenários, apoiado na ferramenta desenvolvida pela EPE (Calculadora 2050).

Finalmente, apresenta suas conclusões e recomendações, com destaque para a redução das emissões de gases que contribuem para o efeito estufa pelos VEs, e o conceito de VEs autônomos e compartilhados.

Palavras-chave: Planejamento, Veículos Elétricos, Hidrocarbonetos, Gases de Efeito Estufa.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia dos veículos elétricos - VEs não representa uma inovação tecnológica recente, uma vez que os atuais VEs não apresentam mudanças radicais. Embora haja certamente avanços tecnológicos importantes, tais como as baterias de íon de lítio e toda a tecnologia digital presente nos carros modernos, em essência o conceito básico se mantém (Baran e Legey, 2010).

Contudo, os VEs retornam com força como alternativa tecnológica no século XXI, e tiveram como alavanca para a sua adoção a questão ambiental. Cabe destacar especificamente que com relação aos Estudos relativos às mudanças climáticas e qualidade do ar, decorrentes das alterações da composição química da atmosfera, existem fatos cientificamente comprovados e projeções baseadas em simulações matemáticas que apontam para (IPCC, 2013):

- A existência de um aumento comprovado da concentração de gás carbônico na atmosfera desde a era pré-industrial, sendo que as duas principais fontes de emissão destes gases são a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento. Este incremento da concentração de CO₂ na atmosfera terrestre foi a primeira evidência científica de que as atividades humanas podem produzir e, estão produzindo efeitos globais e não apenas locais e regionais.
- Adicionalmente, existe um aumento de óxido nitroso na atmosfera terrestre da ordem de 5 a 10% desde a era pré-industrial.

Entre as fontes emissões de CO₂ e NO₂, se destacam a geração de energia e os transportes, como os veículos baseados na queima de combustíveis fósseis. Assim, de acordo com (IEA, 2015), o setor global de transportes é responsável por 23% do total de Emissões de CO₂, dos quais 72% são atribuíveis ao transporte rodoviário.

Desse modo, a humanidade, a partir do aumento da consciência ambiental iniciou um processo de aperto na legislação dos países ricos contra a emissão de poluentes, que resultaram no avanço da adoção da indústria de geração de energia a partir de fontes renováveis, como a solar fotovoltaica e na questão dos transportes o incentivo na adoção de VEs.

Finalmente, a digitalização promete acrescentar uma tecnologia disruptiva aos veículos, que vem a ser a funcionalidade de veículos autônomos e compartilhados. Ademais, a adoção dos VEs autônomos vai representar, já na próxima década, uma verdadeira revolução no conceito da mobilidade/transporte.

O presente artigo busca fazer uma avaliação de como os avanços plausíveis em VEs poderiam impactar sobre a demanda futura de combustíveis fósseis no Brasil, bem como nos esforços do Brasil para alcançar metas climáticas internacionais, que subsidiaram a pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC ou iNDC, na sigla em inglês) brasileira no que se refere à produção e uso da energia. As INDC foram apresentadas na 21ª Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, realizada em Paris, em dezembro de 2015.

2. PANORAMA DA EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DOS VEs

Desde o lançamento do Toyota Prius, em 1997, verifica-se no mercado norte-americano um número cada vez maior de lançamentos de automóveis híbridos e, mais recentemente, de veículos puramente elétricos (Baran e Legey, 2010).

Apenas para ilustrar, o Model 3 da Tesla com sua carga de bateria completa pode levar o carro a percorrer cerca de 350 km, com aceleração que permitirá que o veículo chegue a 100 km/h em menos de 6 segundos. O veículo permitirá ainda recarga rápida da bateria.

Por outro lado, cabe destacar, que é no avanço tecnológico das baterias dos VEs que se trava a verdadeira guerra para sua popularização. Existem desenvolvimentos consideráveis no sentido de: aumento da densidade de energia (quantidade de energia armazenada por seu volume) da bateria do veículo elétrico; aumento da vida útil, segurança, disposição final ambientalmente amigável e menores custos. Em outras palavras, têm sido formados grandes consórcios de pesquisa da Ásia, Europa e Estados Unidos, formados por fabricantes, montadoras de veículos, Universidades e Centros de Inovação, permitindo um maior potencial de incremento para a competitividade do veículo elétrico frente ao veículo de combustão interna (Vasconcelos, 2017). A figura 1 ilustra bem este potencial de desenvolvimento.

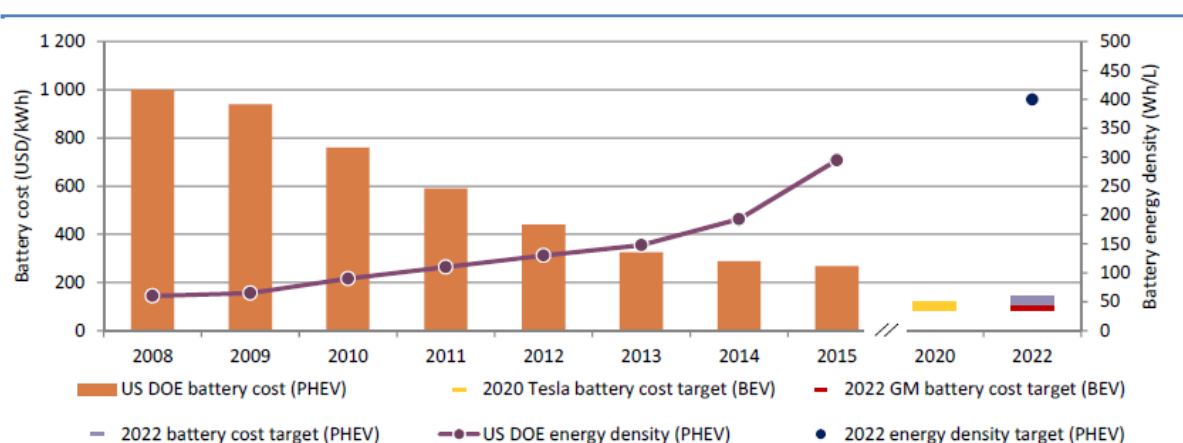


Figura 1. Evolução da densidade e custo de energia da bateria

Fonte: (Global EV Outlook, 2016)

Notas da Fonte: USD / kWh = dólares dos Estados Unidos por quilowatt-hora; Wh / L = watt-hora por litro. Dados de custo de bateria e dados de densidade de energia PHEV mostrado aqui são baseados em uma tendência observada em toda a indústria, incluem somente energia útil,

3. PANORAMA DA DIFUSÃO DA TECNOLOGIA DE VEs

Com uma frota mundial da ordem de 947 milhões de veículos, os veículos híbridos e puramente elétricos representam apenas 0,2% deste mercado (Vasconcelos, 2017). Contudo a combinação de incremento da tecnologia com o desenvolvimento sustentável, promete soluções como a dos VEs e autônomos. Somente para ilustrar, os veículos eficientes em energia (EEV), de todos os tipos, estão no centro dos futuros sistemas de transporte sustentável. A ampla implantação global de EEVs se torna necessária para atender metas de sustentabilidade. A Declaração de Paris sobre Electro-Mobilidade e Mudanças Climáticas e a sua Chamada a Ações estabelece um objetivo de implantação global de 100 milhões de carros elétricos e 400 milhões de motocicletas de 2 e 3 rodas em 2030 (IEA, 2016)

Os benefícios relacionados às mudanças climáticas dos EVs podem ser totalmente colhidos sob a condição de que seu uso seja combinado com uma forte redução de emissões de carbono dos parques de geração de energia elétrica. Isso cria um desafio adicional para países que são em grande parte dependente de combustíveis fósseis para geração de energia. O investimento na implantação do EV pode suportar esta transição, e contribuir para aumentar as oportunidades disponíveis para integrar energia renovável.

A adoção EV precoce também traz outros benefícios imediatos, como melhorias na qualidade do ar e redução de ruído, que são dois grandes problemas das grandes cidades. Ademais, apenas para exemplificar a expectativa de adoção dos VEs, apresenta-se a seguir (Fig. 2) diversos cenários até 2030 de incremento da frota mundial.

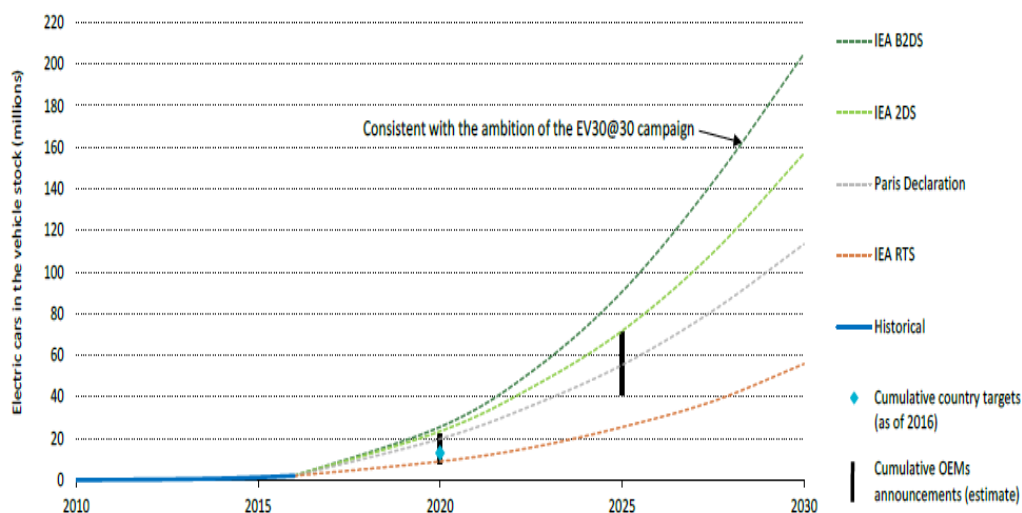


Figura 2. Cenários para Frota Mundial de Veículos (em milhões de unidades)

Fonte: (Global EV Outlook, 2017)

Notas da Fonte: O cenário RTS incorpora melhorias tecnológicas em eficiência energética e escolhas modais que suportam a realização de políticas que foram anunciadas ou estão previstas pelos países desenvolvidos. O cenário 2DS é consistente com uma probabilidade de 50% de limitar o esperado aumento da temperatura média global em 2° C. O cenário B2DS é abrangido pela ambição do Acordo de Paris, correspondente a um aumento médio da temperatura global em 1,75 ° C.

Desse modo, a figura acima prevê que poderia variar entre 9 milhões e 20 milhões até 2020. Ademais, aplicando as taxas de crescimento com base nos cenários apresentados também no gráfico acima, podem levar de 40-70 milhões de automóveis híbridos e puramente elétricos na estrada até 2025.

4. OS VEÍCULOS ELÉTRICOS - VEs NO BRASIL

Segundo dados da Anfavea, no Brasil, das vendas de 1,68 milhões de automóveis no ano de 2016, apenas 1.091 unidades foram de automóveis híbridos ou totalmente elétricos. E de janeiro a abril deste ano, foram vendidos no Brasil 738 veículos híbridos ou elétricos, segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.

Hoje, os modelos híbridos têm um motor elétrico e outro a combustão, abastecido com gasolina. Como os dois trabalham em sinergia, pode-se prever que o etanol poderá substituir a gasolina, mas isso depende de adaptações que os fabricantes terão de considerar. Por outro lado, já com relação aos carros puramente elétricos, abastecidos na tomada, estes devem demorar ainda mais a ter participação significativa na frota brasileira. Tendo em vista a necessidade de se criar uma infraestrutura para recarga de baterias, com implantação de eletropostos em centros urbanos e estradas.

De acordo com Silva (2017), no programa Rota 2030, a tributação dos veículos deve levar em conta motores eficientes no lugar das cilindradas. Atualmente, carros com motor 1.0 pagam menos IPI e os híbridos e elétricos, como não têm esse tipo de classificação, recolhem 25% de IPI. Desse modo, o governo deveria prever uma estratégia bem definida para privilegiar o automóvel elétrico híbrido com a combustão a partir do etanol. As empresas esperam a correção desse problema e a Toyota já manifestou inclusive intenção de produzir no Brasil o seu híbrido Prius, hoje importado. Apenas para ilustrar, para as montadoras já instaladas no Brasil, é necessário um volume de vendas de 20 mil unidades, por ano, para justificar uma produção local Silva (2017).

5. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO GRAU DE PENETRAÇÃO DO VES NO BRASIL E OS SEUS IMPACTOS NA DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS

O presente artigo busca fazer uma avaliação de como os avanços plausíveis em VEs poderiam impactar sobre a demanda futura de combustíveis fósseis no Brasil, bem como nos esforços do Brasil para alcançar metas climáticas internacionais, que subsidiaram a pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC, na sigla em inglês) brasileira no que se refere à produção e uso da energia. As INDC foram apresentadas na 21ª Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, realizada em Paris, em dezembro de 2015. Especificamente com relação a INDC adotada pelo Brasil, cabe destacar que:

- Contribuição: o Brasil pretende comprometer-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025.
- Contribuição indicativa subsequente: reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030.
- Horizonte temporal: meta para o ano de 2025; valores indicativos de 2030 apenas para referência.

A INDC do Brasil aplica-se ao conjunto da economia e, portanto, baseia-se em caminhos múltiplos para atingir os objetivos. Assim, o Brasil pretende adotar medidas para o setor de energia, que são consistentes com a meta de temperatura de 2°C (Gorini, 2017).

Para avaliar o potencial da contribuição, esse artigo se concentrou apenas nos VEs leves e seu potencial de grau de penetração no Brasil.

Desse modo, o método adotado no presente artigo foi o de análise de cenários prospectivos (Bradfiels, 2004) (SCHOEMAKER, 1993). Entre os benefícios e vantagens do método baseado em análise de cenários, cabe destacar que o mesmo oferece uma base sólida para decisões sobre políticas, bem como uma ferramenta para identificar oportunidades de sistemas de longo prazo. Existem uma grande variedade de modelos para a utilização do método de análise de cenários prospectivos. Especificamente para o setor de energia, Pode-se destacar o **TIMES** desenvolvido pela Agência Internacional de Energia (IEA) com uma abordagem bottom-up and top-down; **SISYFOS**, desenvolvido pela Agência de Energia da Dinamarca (DEA) e **2050 Calculator energy modelling methodology**, desenvolvida pelo Departamento de Energia e Mudanças Climáticas do Governo do Reino Unido (BEIS).

Para a escolha da melhor ferramenta a ser adotada no presente artigo, se tomou como critérios, questões como seus recursos e principalmente sua customização para a realidade brasileira. Desse modo, foi adotado o modelo **2050 Calculator energy modelling methodology**.

Trata-se de uma ferramenta desenvolvida inicialmente pelo governo do Reino Unido, mas já foi adaptada para países como China, Índia, Colômbia, México, África do Sul, Japão, Coreia do Sul, Bélgica, entre outros. Para o Brasil, a Calculadora foi desenvolvida pela EPE, com o suporte do Departamento de Energia e Mudanças Climáticas do Reino Unido (atual BEIS) e da Embaixada Britânica no Brasil. Os cenários de oferta e demanda foram elaborados pela COPPE/UFRJ conjuntamente com a EPE, e discutidos em dois Workshops realizados na EPE com especialistas.

Portanto, para estimar os impactos energéticos de diferentes cenários de penetração dos VEs foi utilizada a ferramenta Calculadora 2050 (EPE - <http://calculadora2050brasil.epe.gov.br/calculadora.html#>).

Esta ferramenta permite avaliar diferentes cenários energéticos para o horizonte até 2050. Para cada cenário, é apresentado seu impacto em termos de consumo de combustíveis e de emissões de gases de efeito estufa (GEE), representados em gráficos e tabelas gerados automaticamente.

Com o do balanço entre oferta e demanda de energia e de medidas de expansão da oferta e eficiência da demanda, a Calculadora 2050 permite identificar uma série de cenários possíveis para o futuro dos VEs leves em função do seu grau de penetração no Brasil. Os resultados dos possíveis cenários abrem uma discussão sobre o potencial dos VEs no Brasil com relação à mitigação de emissões de GEE.

5.1. Os Resultados

A partir desse ponto, são apresentados três cenários, quais sejam, Cenário Base, Cenário Plausível e Cenário Otimista. Oportuno destacar, que os cenários apresentados a seguir, avaliam exclusivamente, o transporte de passageiros, não sendo objeto de avaliações o transporte de cargas.

5.1.1. O Cenário Base

Inicialmente foi adotado como cenário básico, o NÍVEL 1 da ferramenta Calculadora 2050, que, no caso específico de transporte de passageiros, se caracteriza pela continuidade do aumento da taxa de motorização nacional, devido ao crescimento da frota de veículos leves e motocicletas, atingindo 60% da atividade de transporte. A participação dos ônibus fica reduzida a 30% p-km e os outros modais mantêm-se em patamares próximos de 2013. Em resumo, os níveis de difusão dos VEs são idênticos aos níveis proposto no cenário NÍVEL 1 da ferramenta Calculadora 2050 da EPE.

Neste cenário base não há penetração dos Veículos Híbridos flex; dos veículos leves híbridos plug-flex; e dos VEs – bateria (Tabela 1).

Tabela 1. Cenário Nível 1 – Penetração dos Modais de Transporte – em %

Modal	Tecnologia	Combustível	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Bicicleta / a pé	Bicicleta	n/a	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - flex	gasolina ou etanol	53,9%	54%	64%	67%	69%	69%	69%	67%	63%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - gasolina	gasolina	22,1%	23%	13%	10%	8%	8%	8%	11%	14%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - etanol	etanol	1,5%								
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - diesel	diesel	3,7%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - GNV	GNV	3,4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Rodoviário - veículos leves	Motocicletas - gasolina	gasolina	11,9%	12%	11%	11%	10%	9%	8%	8%	6%
Rodoviário - veículos leves	Motocicletas - flex	gasolina ou etanol	3,4%	3%	4%	5%	5%	6%	7%	8%	9%
Rodoviário - veículos leves	Motocicletas - elétrica	eletricidade	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido	gasolina	0,002%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido plug-in	eletricidade e gasolina	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido - flex	gasolina ou etanol	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido plug-in - flex	eletricidade e gasolina ou etanol	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rodoviário - veículos leves	Elétrico - bateria	eletricidade	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rodoviário - veículos leves	Elétrico - célula combustível	hidrogênio	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Com base no cenário base NÍVEL 1, a Fig.3 apresenta o nível de consumo de combustível, de 2015 a 2050.

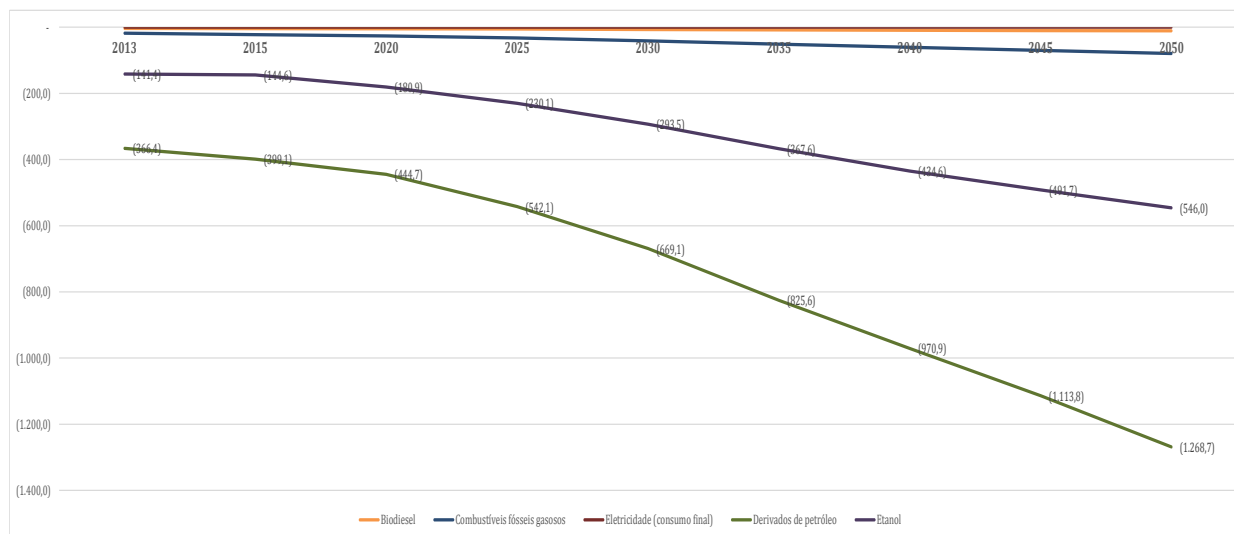


Figura 3. Demanda de Combustíveis no Cenário Nível 1 (TWh).

Finalmente, apresenta-se a seguir a Tabela 2 com o nível de emissões dos gases de efeito estufa para o cenário NÍVEL 1.

Tabela 2. Cenário NÍVEL I - Emissões de GEE - Transporte de passageiros – Total – Em MMt CO2e

GHG	IPCC Sector	Notas	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CO2	1A	Fuel Combustion	111	121	135	164	203	250	293	335	380
CH4	1A	Fuel Combustion	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N2O	1A	Fuel Combustion	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			111	121	135	164	203	250	293	336	381

5.1.2. Cenário “Plausível”

Nesse cenário denominado Plausível, em linha com o Nível 2 da ferramenta Calculadora 2050 da EPE, se considera que há a produção de veículos híbridos-*flex* (VEH) no Brasil desde 2025 e de VEs a bateria (VEB) desde 2030, havendo pequena presença de veículos híbridos plug-in e elétricos a célula combustível. Em 2050, a participação dos diversos tipos de VEs chega a 20%.

Cabe destacar, que nesse cenário, denominado Plausível, todas as demais variáveis permanecem idênticas as adotadas no cenário Nível 1 da ferramenta Calculadora EPE, com exceção do grau de difusão dos VES, para o qual foi adotado o nível de difusão do Nível 2 da referida ferramenta. Dessa forma se pode avaliar, de forma isolada, a contribuição do cenário plausível, ora proposto (Tabela 3 e Figura 4).

Tabela 3. Cenário Plausível – Penetração dos Modais de Transporte – em %

Modal	Tecnologia	Combustível	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Bicicleta/a pé	Bicicleta	n/a	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - flex	gasolina ou etanol	53,9%	54%	64%	67%	68%	67%	63%	58%	52%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - gasolina	gasolina	22,1%	23%	13%	10%	8%	8%	8%	9%	11%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - etanol	etanol	1,5%								
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - diesel	diesel	3,7%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	3%	3%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - GNV	GNV	3,4%	4%	3%	3%	2%	2%	1%	1%	0%
Rodoviário - veículos leves	Motocicletas - gasolina	gasolina	11,9%	12%	11%	11%	10%	9%	8%	7%	5%
Rodoviário - veículos leves	Motocicletas - flex	gasolina ou etanol	3,4%	3%	4%	5%	5%	6%	7%	8%	9%
Rodoviário - veículos leves	Motocicletas - elétrica	eletricidade	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido	gasolina	0,002%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido plug-in	eletricidade e gasolina	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido - flex	gasolina ou etanol	-	0%	0%	1%	2%	4%	7%	10%	13%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido plug-in - flex	eletricidade e gasolina ou etanol	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rodoviário - veículos leves	Elétrico - bateria	eletricidade	-	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	3%
Rodoviário - veículos leves	Elétrico - célula combustível	hidrogênio	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%

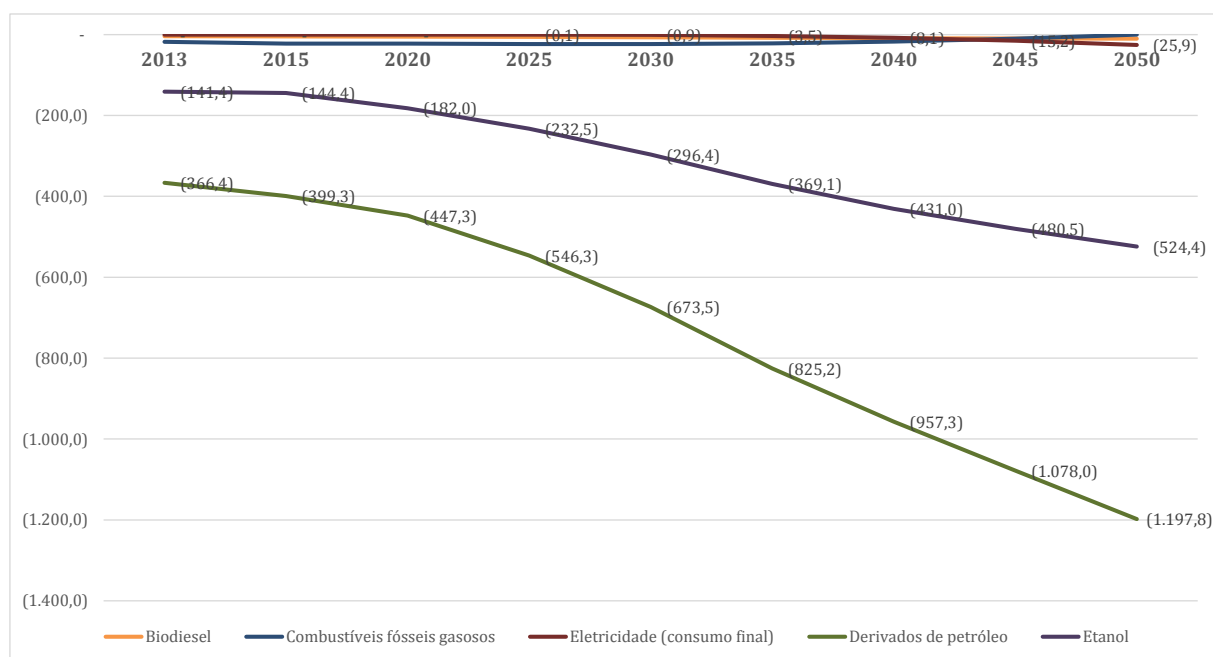


Figura 4. Cenário Plausível – Demanda de Combustíveis – em TWh

Finalmente, apresenta-se a seguir a Tabela 4 com o nível de emissões dos gases de efeito estufa para o cenário Plausível.

Tabela 4 . Cenário Plausível - Emissões de GEE - Transporte de passageiros – Total – Em MMt CO2e

GHG	IPCC Sector	Notas	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CO2	1A	Fuel Combustion	111	121	135	163	200	244	280	314	346
CH4	1A	Fuel Combustion	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N2O	1A	Fuel Combustion	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			111	121	135	164	200	244	281	314	346

5.1.3. Cenário “Otimista”

O Cenário Otimista, apresentado a seguir, representa um cenário desenvolvido pelos autores, que se caracteriza por uma visão otimista quanto ao grau de penetração dos VEs.

No Cenário Otimista se considera que há a produção de veículos híbridos-flex (VEH) no Brasil desde 2020 e de VEs a bateria (VEB) desde 2025, havendo pequena presença de veículos híbridos plug-in. Em 2050, a participação dos diversos tipos VEs chega a 26%.

A forte presença de VEs do tipo veículos híbrido-flex (13% em 2050) e dos VEs puramente elétricos (8% em 2050) prevista no Cenário Otimista se baseia no projeto de lei – PL nº 9086/2017 (PL Renovabio), que prevê a adição obrigatória de etanol anidro à gasolina que é vendida ao consumidor será, conforme o projeto, de 30% até janeiro de 2022 e 40%, até janeiro de 2030 combinado com uma disseminação dos veículos elétricos puros, em detrimento de outras configurações de VEs..

Oportuno destacar, que o texto do projeto de lei que cria a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) foi aprovado em 28/11/2017 na Câmara Federal. O texto segue para análise do Senado.

Por fim, novamente, cabe destacar, que todas as demais variáveis permanecem idênticas as adotadas no cenário Nível 1. Dessa forma se pode avaliar, de forma isolada, a contribuição do cenário Otimista, ora proposto (Tabela 5).

Tabela 5. Cenário Otimista – Penetração dos Modais de Transporte – em %

Modal	Tecnologia	Combustível	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Bicicleta/ a pé	Bicicleta	n/a	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - flex	gasolina ou etanol	53,9%	54%	61%	61%	60%	57%	55%	54%	52%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - gasolina	gasolina	22,1%	23%	13%	10%	7%	7%	6%	5%	5%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - etanol	etanol	1,5%	-	-	-	-	-	-	-	-
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - diesel	diesel	3,7%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	3%	3%
Rodoviário - veículos leves	Combustão interna - GNV	GNV	3,4%	4%	3%	3%	2%	1%	1%	1%	0%
Rodoviário - veículos leves	Motocicletas - gasolina	gasolina	11,9%	12%	11%	11%	10%	9%	8%	7%	5%
Rodoviário - veículos leves	Motocicletas - flex	gasolina ou etanol	3,4%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	9%
Rodoviário - veículos leves	Motocicletas - elétrica	eletricidade	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido	gasolina	0,002%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido plug-in	eletricidade e gasolina	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido - flex	gasolina ou etanol	-	0%	3%	5%	7%	10%	12%	12%	13%
Rodoviário - veículos leves	Híbrido plug-in - flex	eletricidade e gasolina ou etanol	-	0%	0%	1%	2%	2%	2%	2%	2%
Rodoviário - veículos leves	Elétrico - bateria	eletricidade	-	0%	0%	1%	2%	3%	4%	6%	8%
Rodoviário - veículos leves	Elétrico - célula combustível	hidrogênio	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

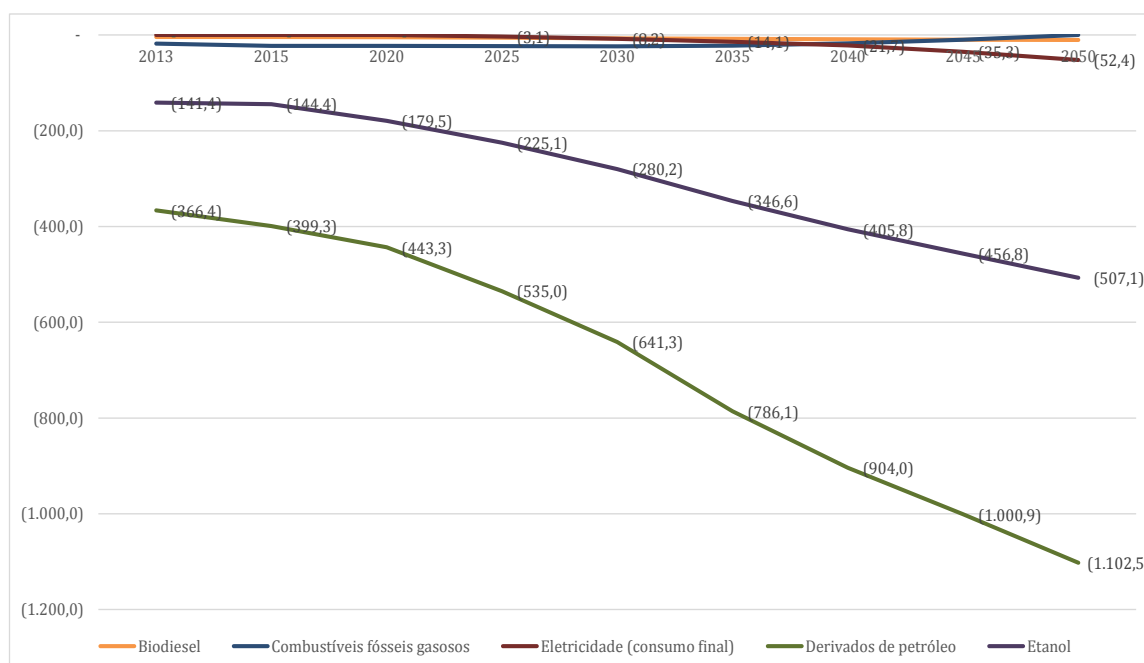


Figura 5. Cenário Otimista – Demanda de Combustíveis – em TWh

Finalmente, apresenta-se a seguir a Tabela 6 com o nível de emissões dos gases de efeito estufa para o cenário Otimista.

Tabela 6. Cenário Otimista - Emissões de GEE - Transporte de passageiros – Total – Em MMt CO₂e

GHG	IPCC Sector	Notas	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CO ₂	1A	Fuel Combustion	111	121	134	160	192	233	266	293	321
CH ₄	1A	Fuel Combustion	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N ₂ O	1A	Fuel Combustion	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			111	121	134	161	192	234	267	294	321

5.1.4. Comparações Entre os Cenários

A partir deste ponto, são apresentadas as comparações dos resultados observados nos cenários propostos, em função do grau de penetração dos VEs no Brasil e os seus respectivos impactos na demanda de derivados de petróleo, etanol e no consumo de eletricidade dos VEs, bem como, nos níveis de emissões dos Gases de Efeito Estufa – GEE (Tabela 7 e Tabela 8).

Tabela 7. Redução ou Aumento da Demanda de Combustíveis dos Cenários em 2050 (TWh)

Tipos de Combustível	Cenário NÍVEL 1	Cenário Plausível	Cenário Otimista
Derivados de Petróleo (gasolina e diesel)	1268,7	1197,8	1102,5
Etanol	546	524,4	507,1
Eletricidade (TWh)	0	25,9	52,4

Tabela 8 - Redução da Demanda das Emissões de GEE dos Cenários para o Setor de Transporte de Passageiros (MMt CO₂e)

Ano	Cenário NÍVEL 1	Cenário Plausível	Cenário Otimista
2025	164	164	161
2030	203	200	192
2050	381	346	321

6. IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS PARA POLÍTICA NACIONAL DE CONTROLE DE EMISSÕES

Primeiramente, apresenta-se a seguir o gráfico (Figura 6) com as emissões dos gases de efeito estufa – GEE, do setor energético, previsto no Cenário Base, que vem a ser o cenário NÍVEL 1 da ferramenta Calculadora 2050 (EPE - <http://calculadora2050brasil.epe.gov.br/calculadora.html#>).

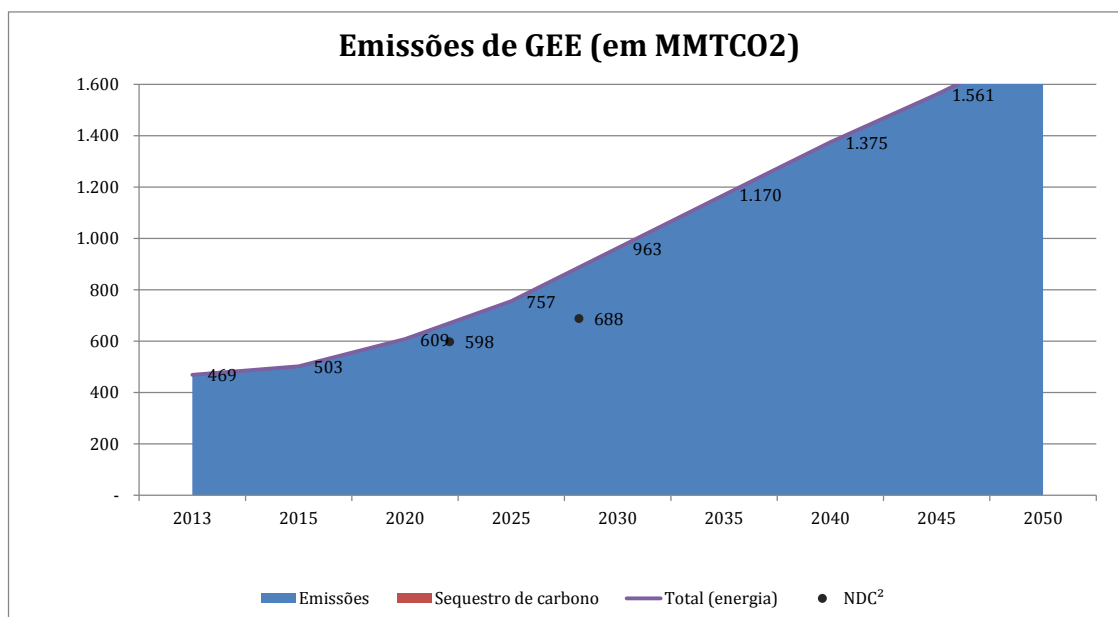


Figura 6 - emissões dos gases de efeito estufa – GEE.

Fonte: Calculadora 2050 EPE

NDC: Emissões em 2025 e 2030 da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês) brasileira. A contribuição engloba o conjunto da economia, sem fixar metas específicas por setor. Portanto, o alcance dos objetivos pode ocorrer de distintas maneiras, com diferentes contribuições dos setores da economia. Os valores apresentados equivalem a uma possível parcela do setor de energia.

Do gráfico, pode-se depreender a necessidade de se realizar esforços nos diversos setores objetivando a redução dos níveis de emissões dos GEEs, buscando o atingimento das metas estabelecidas no INDC.

A seguir, apresenta-se a Tabela 9 com a contribuição dos diversos setores, que serviu de base para os INDCs brasileiros, que demonstra a forte contribuição do setor de transportes, respondendo por 46,5% em 2025; e por 45,8% em 2030. Em outras palavras, o setor de transportes é chave para o atingimento das metas de NDCs brasileiras. Oportuno destacar, que o setor de transportes da tabela anterior contempla o transporte de cargas e o de passageiros. Desse modo, apresenta-se na Tabela 10, o nível de emissões de GEE calculados no Cenário Base, contemplando a soma do transporte de cargas e o do de passageiros.

Tabela 9. Resultados das projeções de emissões de GEE por setor

Setor	2005	2025	2030
milhões de toneladas de CO ₂ eq			
Setor Energético	28	46	49
Residencial	18	22	24
Comercial	2	3	3
Público	2	1	1
Agropecuário	15	22	24
Transportes	135	278	315
Industrial	87	130	156
Consumo energético	79	114	136
Consumo não energético	8	16	20
Setor Elétrico	26	60	73
Setor Elétrico - SIN	17	40	50
Setor Elétrico - autoprodução	9	20	23
Emissões fugitivas	19	36	43
TOTAL	332	598	688

Nota: Os dados de 2005 são provenientes do II Inventário Nacional

Fonte: NT: O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia – EPE – Jun/2016

Tabela 10 - Cenário NÍVEL I - Emissões de GEE - Transporte de Cargas + Transporte de Passageiros – Total – Em MMT CO₂e

GHG	IPCC Sector	Notas	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CO ₂	1A	Fuel Combustion	211	227	288	349	427	516	596	672	752
CH ₄	1A	Fuel Combustion	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N ₂ O	1A	Fuel Combustion	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			211	227	288	349	427	516	596	672	753

Diante do exposto pode-se concluir que:

- A) O Setor de Transporte é bastante relevante, e tem um papel fundamental no atingimento das metas de INDC brasileiras do setor energético.
- B) Tomando o Cenário Base, o nível de emissão previsto (349 MMT CO₂e em 2025 e 427 MMT CO₂e em 2030) representam um grande desafio para o atingimento das metas de INDC brasileiras (278 MMT CO₂e em 2025 e 315 MMT CO₂e em 2030), tornando-se imperativo um conjunto de ações visando a sua redução.
- C) Com base no Cenário Otimista, verifica-se que os VEs, para o período de 2025/2030 podem colaborar, de forma pouco significativa, para a redução das emissões de gases que contribuem para o efeito estufa no Setor de Transporte (passageiros + cargas), da ordem de 1% a 3%.
- D) Com base no Cenário Otimista, verifica-se que os VEs, para o período de 2050 podem colaborar, de forma um pouco mais significativa, para a redução das emissões de gases que contribuem para o efeito estufa no Setor de Transporte (passageiros + cargas), com algo em torno de 8%.
- E) Com relação a demanda dos combustíveis a partir de hidrocarbonetos, tomando-se como base o cenário Otimista, verifica-se uma redução da sua demanda prevista, podendo chegar em torno de 13% em 2050. A tabela a seguir expressa esses números.

Tabela 12. Redução ou Aumento da Demanda de Combustíveis dos Cenários em 2050 (em %)

Tipos de Combustível	Cenário Base	Cenário Plausível	Cenário Otimista
Derivados de Petróleo (gasolina e diesel)	100%	94,4%	86,9%
Etanol	100%	96,04%	92,87%

6. CONCLUSÕES

Diante do exposto, pode-se concluir que dentre os esforços do Brasil para alcançar metas climáticas internacionais, que subsidiaram a sua pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC, na sigla em inglês) energética, o setor de transporte desponta como de grande potencial de redução, em função do seu peso (da ordem de 45%).

Por fim, a adoção VEs também trazem outros benefícios imediatos, como melhorias na qualidade do ar e redução de ruído, que são dois grandes problemas das grandes cidades. Além disso, combinado com a tecnologia dos VEs existem as de veículos autônomos e a de veículos compartilhados. A combinação destas tecnologias está no centro dos futuros sistemas de transporte sustentável.

Especificamente com relação aos veículos autônomos, estes terão diversas tecnologias embarcadas, tais como:

- Reconhecimento de imagem: detecta indicadores como o tráfego e luzes de freio ou sinais de mudança de direção;
- Processamento de dados: conduz o carro usando todos os dados gerado pelos sensores instantaneamente;
- Controle da interface homem máquina: coordenadas comando de voz e controle de gesto
- Rede de telecomunicações 5G: permite comunicação veículo para veículo e infra-estrutura para veículo;

Especificamente com relação aos veículos compartilhados, estes já estão disponíveis diversas plataformas baseadas em aplicativos, que permitem aos usuários a escolha do tipo de veículo mais adequados as suas necessidades, em cada momento específico. Também cabe mencionar desafios, como o da infraestrutura de eletropostos de recarga, custo inicial e a autonomia das baterias. Contudo todos os sinais apontam que estes obstáculos serão superados em um curto espaço de tempo.

7. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo **SENAI CIMATEC**, pela **UFBA/Escola Politécnica/Departamento de Engenharia de Transporte e Geodesia-DETG** e pela **UFRJ/instituto de Economia-IE/Grupo de Economia da Energia-GEE**

8. REFERÊNCIAS

- Amorim, R. E. HB, 2015. “Electric Mobility: Motivation, Approaches and the Cases of Canada and Brazil”. *Cahiers de recherche | Chaire de gestion du secteur de l'énergie*. April 2015 ISSN: 2368-4283.
- Baran, R., Legey, L., 2010. “Veículos Elétricos: história e perspectivas no Brasil”.l. XIII Congresso Brasileiro de energia.
- https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1489/1/A%20BS%2033%20Ve%C3%ADculos%20el%C3%A9tricos%20-%20hist%C3%B3ria%20e%20perspectivas%20no%20Brasil_P.pdf

- Bradfield, R., 2004. "Origins and Evolution of Scenario Techniques in The Context of Business", Working Paper Series, Paper N. 10, Glasgow: University of Strathclyde Graduate School of Business, 2004.
- Cowan, R., Hulten, S., 1996. "Escaping Lock-in: The Case of Electric Vehicle". *Technological Forecasting and Social Change*, v. 53, pp. 61-79
- DIEESE (2017). "Carros verdes" serão 11,2% da frota global em seis anos.
http://smabc.org.br/smabc/hotsite_blog.asp?id_CON=6027
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2017). *Calculadora 2050*
<http://calculadora2050brasil.epe.gov.br/calculadora.html>
- GORINI, R. (2017). *Objetivos e estratégias da política energética no Brasil e o papel do planejamento energético. Apresentação no II Workshop Técnico do PMR Brasil.*
- IEA – International Energy Agency, (2015). World energy balances, *World Energy Statistics and Balances*. Disponível em www.iea.org/statistics
- IEA – International Energy Agency, (2016). Global EV Outlook - Beyond one million electric cars. Disponível em https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf
- IEA – International Energy Agency (2017). Global EV Outlook - Beyond one million electric cars. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf>
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Silva, C., 2017. Carros verdes serão 11,2% da frota global em seis anos. O Estado de São Paulo, <http://economia.estadao.com.br/blogs/cleide-silva/carros-verdes-serao-112-da-frota-global-em-seis-anos/>.
- Sovacoo, B. K., Hirsh, R. F., 2009. Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition. *Energy Policy*, Volume 37, Issue 3, March 2009, Pages 1095-1103
- Schoemaker, Paul J. H., 1993. Multiple scenario development: Its Conceptual and Behavioral Foundation. *Strategic Management Journal*, v. 14, p. 193-213.
- Vasconcelos, Y., 2017. Ascensão dos Elétricos. *Revista Pesquisa FSPESP*. N. 258, Agosto.

9. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

ELECTRIC VEHICLES IN BRAZIL, CHALLENGES FOR ITS ADOPTION AND ITS CONTRIBUTION POTENTIAL IN THE REDUCTION OF GREENHOUSE GASES

José Ricardo Cavalcanti Uchoa Almeida, almeida.jose@ufba.br¹

Alex Álisson Bandeira Santos, alex.santos@fieb.org.br²

Edmar Luiz Fagundes de Almeida, F. Almeida, edmar@ufrj.br³

Antonio Francisco Silva Jr., antoniofasj@ufba.br⁴

Jorge Ubirajara Pedreira Junior, jorge.ubirajara@ufba.br¹

¹ Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica/DETG, BA, Brasil

² Campus Integrado de Manufatura e Tecnologias, SENAI CIMATEC, BA, Brasil

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto Economia/GEE, RJ, Brasil

⁴ Universidade Universidade Federal da Bahia - Escola de Administração, BA, Brasil

Abstract: The current article presents the concepts of electric vehicles (EVs), and their challenges in relation to their adoption. In addition, it presents the world panorama and its level of market penetration. Moreover, it presents the Brazilian scenario, as well as calculates the level of penetration of Electric Vehicles, and the impact of this technology on the demand for the use of fuels from hydrocarbons in Brazil, using the scenario-building method, based on the tool developed by EPE (Calculator 2050). Finally, it presents its conclusions and recommendations, highlighting the reduction of greenhouse gas emissions by EVs and the concept of autonomous and shared EVs.

Keywords: Planning, Electric Vehicles, Hydrocarbons, Greenhouse Gases.