

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**Carro Elétrico: Impactos de sua introdução para o
Setor Elétrico Brasileiro**

JOÃO GABRIEL VALENÇA MESSIAS

Matrícula: 106.026.623

ORIENTADOR: Prof. Helder Queiroz Pinto Jr.

CO-ORIENTADORA: Prof^ª. Clarice Ferraz

Abril 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**Carro Elétrico: Impactos de sua introdução para o
Setor Elétrico Brasileiro**

JOÃO GABRIEL VALENÇA MESSIAS

Matrícula: 106.026.623

ORIENTADOR: Prof. Helder Queiroz Pinto Jr.

CO-ORIENTADORA: Prof^a. Clarice Ferraz

Abril 2013

ii

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor

*Aos meus pais,
Sebastião e Maria Cristina,
pelas possibilidades que me
deram, pelo incentivo, pela
confiança, pelo carinho, e pela
compreensão que sempre
tiveram comigo.*

AGRADECIMENTOS

- À toda a minha família, em especial aos meus avós e padrinhos, que sempre me incentivaram a correr atrás dos meus sonhos.
- À todos os meus amigos, Pedro, Renan, Nathalia Mello, Nathalia Netto, Carina, Pablo e Lúcio pela amizade de anos, pelos conselhos e por estarem presente em todos os momentos da minha vida.
- Aos amigos que fiz na faculdade, João Paulo, Bruno Pompeu, Bruno Visconti, Gustavo e Pedro, por tornarem estes anos mais tranquilos, divertidos e felizes.
- Ao professor Hélder e a professora Clarice, por aceitarem me orientar e por fazerem parte da minha formação profissional.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar os impactos que a introdução dos carros puramente elétricos na frota de veículos leves brasileira, em substituição aos carros movidos à combustíveis fósseis, traria para o setor elétrico. Os problemas ambientais e a relevância do setor de transportes nas emissões de gases estufa fazem do carro elétrico uma maneira de reduzir o nível de emissões associadas às atividades de transporte. Nesse contexto, nos últimos anos, diversas montadoras ao redor do mundo têm intensificado a busca pelo desenvolvimento desta tecnologia. No entanto, embora seja considerada uma tecnologia limpa e capaz de mitigar os problemas ambientais, sua disseminação é tímida. Como será visto ao longo do trabalho, há diversas barreiras que limitam sua utilização mais ampla. Entre elas podemos citar a falta de infra-estrutura de recarga, o alto preço de aquisição, a baixa autonomia e a falta de incentivos tributários. Foram utilizados neste trabalho dados fornecidos pelo Operador Nacional do Sistema, Agência Nacional de Energia Elétrica e Associação Brasileira de Veículos Elétricos para avaliação da viabilidade do carro elétrico, assim como da capacidade de resposta do setor elétrico brasileiro, que precisaria ser capaz de atender ao aumento de consumo de eletricidade que a utilização dos carros elétricos provocaria.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, SIGLAS E CONVENÇÕES

ABVE – Associação Brasileira de Veículos Elétricos
ACR – Ambiente de Contratação Regulada
ACL – Ambiente de Contratação Livre
AMFORP – American & Foreign Power Company
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP – Agência Nacional do Petróleo
CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CO₂ – Dióxido de Carbono
CQNUMC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
E.E – Energia elétrica
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
EUA – Estados Unidos da América
GEE – Gestão Eficiente de Energia
GW – Gigawatt
GWh – Gigawatt-hora
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA – Agência de energia internacional
IPCC – Painel Internacional de Mudança Climática
IUEE – Imposto Único sobre Energia Elétrica
Km – Kilometros
Km/h – Kilometros por hora
kW – Kilowatt
Kg - Kilo
MME – Ministério de Minas e Energia
MW – Megawatt
MWmed – Megawatt médio

N – Norte

NE – Nordeste

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

RENAVAM – Registro Nacional de Veículos Automotores

S – Sul

SE/CO – Suldeste e Centro-oeste

SIN – Sistema Interligado Nacional

Ton – Toneladas

UHE – Usina Hidrelétrica

SÚMARIO

Introdução.....	1
I.1 - A História.....	3
I.2 - Os diferentes tipos de tecnologias	9
I.2.1 - Carro elétrico à bateria.....	10
I.2.2 - Carro híbrido	10
I.2.3 - Carro plug-in	11
I.3 - Desafios para a implementação e disseminação do uso do carro elétrico	12
Capítulo II: Contextualização e um retrato do setor elétrico brasileiro.....	14
II.1 - Histórico de debates ambientais	14
II.2 – O carro elétrico no transporte rodoviário brasileiro.....	17
II.3 - O contexto nacional	21
II.4 - As peculiaridades do setor elétrico brasileiro.....	22
II.4.1 - Características do produto eletricidade	23
II.4.2 - Evolução do setor elétrico brasileiro	24
II.4.3 - Novo modelo institucional	25
II.4.4 - Matriz elétrica brasileira.....	26
Capítulo III: Estudos do impacto da disseminação do carro elétrico para o setor elétrico brasileiro	29
III.1 - Panorama atual da carga de energia elétrica no Brasil.....	29
III.2 – Impactos para o setor elétrico	31
III.3 – Implicações para o setor de transportes e para economia brasileira.....	34
Conclusão	36
Referências Bibliográficas.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Consumo de energia do setor de transporte rodoviário.....	18
Figura 2: Evolução da produção de autoveículos leves.....	19
Figura 3: Evolução do consumo de etanol e gasolina	19
Figura 4: Crescimento do licenciamento do RENAVAM entre os anos de 2005-2011	21
Figura 5: Oferta interna de energia elétrica	27
Figura 6: Oferta mundial de energia elétrica	28
Figura 7: Curva diária de carga típica brasileira.....	30
Figura 8: Exportação líquida de gasolina	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Carga mensal e média do SIN e de suas regiões	30
Tabela 2: Substituição de 10% da frota de 25,5 milhões de veículos.	33
Tabela 3: Substituição de 20% da frota de 25,5 milhões de veículos.	33
Tabela 4: Substituição de 50% da frota de 25,5 milhões de veículos	34

Introdução

Desde 1972, após a Conferência de Estocolmo, os impactos negativos da poluição ambiental para a sociedade ficaram mais evidentes. No entanto, àquela altura acreditava-se que o controle de emissões de gases estufa fosse provocar entrave ao crescimento econômico.

Hoje a população já começa a sentir os efeitos da elevação da emissão de gases poluentes, de forma que a importância dos debates ambientais e as questões de emissão de gases estufa tornam-se cada vez mais discutidos, sendo importante fundamentalmente para as diretrizes dos setores energéticos.

Essa mobilização de caráter global para a preservação do meio ambiente tem ocasionado uma transformação tecnológica na indústria automotiva. O combate às emissões de poluentes através da utilização massiva de combustíveis fósseis faz do carro elétrico parte integrante da solução dessa problemática. Muitas projeções já apontam que nos próximos 30 anos o veículo elétrico será o principal vetor de transformações na indústria automobilística. As reverberações dessa mudança de panorama para o setor elétrico é que tornam esse estudo importante (Barbosa et. al 2010).

Esse trabalho tem por objetivo geral analisar as principais modificações que o advento dos carros elétricos traria para o setor elétrico brasileiro. Cabem ainda questões importantes para a abordagem desse tema: O setor elétrico brasileiro estaria preparado para a nova demanda que acompanharia a introdução do carro elétrico? E para o setor de transportes, quais seriam as transformações?

Com intuito de dar uma maior clareza acerca dos problemas ambientais fez parte da metodologia de construção do trabalho a leitura de livros e artigos que atentam para o agravamento dos problemas ambientais. Para tanto foram utilizados dados que explicitam a evolução da emissão de gases estufa provenientes do setor de transportes. Para analisar a dinâmica de funcionamento e as especificidades do setor elétrico brasileiro foi realizada uma revisão da literatura sobre o setor, assim como sobre o

advento de carros elétricos. Foram utilizados igualmente dados disponibilizados pelo Ministério de Minas e Energia e pela Empresa de Pesquisa Energética.

No primeiro capítulo analisamos a história do desenvolvimento dos carros elétricos, são dadas informações básicas sobre os diversos tipos de tecnologia, assim como são evidenciados alguns desafios desse tipo de tecnologia. O capítulo seguinte, tem por primordial objetivo trazer o contexto em que o advento dos carros elétricos se insere, trazendo definições e aspectos fundamentais, de maneira a nortear uma melhor análise do tema proposto. No terceiro capítulo, fazemos um exercício de substituição gradual da frota brasileira de veículos leves por elétricos, para que possamos observar de que maneira o setor elétrico reagiria. Finalmente, ao final do trabalho serão apresentadas nossas conclusões.

Capítulo I – Os carros elétricos

I.1 - A História

O debate acerca da viabilidade na implementação da tecnologia dos carros elétricos foi reavivado recentemente com a assustadora elevação dos problemas ambientais. Apesar desse recente ganho de interesse, a descoberta dessa alternativa já possui mais de um século e está intimamente ligada à invenção das baterias.

A bateria foi descoberta quando, em 1800, o italiano Alessandro Volta, baseado em experiências anteriores de seu compatriota Luigi Galvani, comprovou ser possível estocar energia elétrica quimicamente. A partir dessa descoberta e aplicando os princípios da bateria demonstrados por Volta, o inglês Michael Faraday, em 1821, evidenciou as primeiras idéias do motor elétrico e seu funcionamento.

Em 1831, Faraday evidenciou os pressupostos da indução eletromagnética que fundamenta a dinâmica de funcionamento dos motores elétricos. A partir daí as primeiras tentativas de desenvolver o carro elétrico começaram a evoluir. No ano de 1859, Gaston Planté conseguiu descobrir a bateria de chumbo e ácido que foi a primeira bateria recarregável a ser utilizada. Se trata de um grande avanço rumo ao desenvolvimento das tecnologias utilizadas nos veículos, uma vez que essa bateria foi usada como bateria de partida em todos os carros movidos a combustão interna e como bateria de potência em muitos carros elétricos. Já em 1881, Trouvé, colocando em prática as descobertas de Planté, desenvolveu o primeiro veículo elétrico, que no caso era um triciclo. Vale destacar que isso foi antes mesmo de Karl Benz desenvolver o Benz Patent Motorwagen, primeiro carro movido à combustão interna cuja primeira experiência ocorreu no ano de 1885 (Hoyer, 2008).

Thomas Edison se tornou de fundamental importância no desenvolvimento e na evolução de práticas sustentáveis, isso passa também pela sua contribuição para o desenvolvimento dos carros elétricos. Em 1901 ele apresentou a bateria níquel-ferro. Essa nova bateria se mostrou mais eficiente que as anteriormente usadas e criadas por

Plante, porém seu custo extremamente alto inviabilizou seu uso e comercialização nos carros elétricos.

Os avanços tecnológicos ocorridos no período descrito, especialmente a partir de 1880 até os anos 1900, foram os mais importantes para o desenvolvimento dos veículos movidos a eletricidade. É importante ressaltar que, mesmo com o passar do tempo, as descobertas e avanços tecnológicos alcançadas naquela época permanecem como pilares do desenvolvimento dessa nova tecnologia. Em 1893 a exposição mundial de Chicago apresentou ao público seis tipos de carro elétrico e logo frotas de taxis passaram a aderir e a utilizar os carros elétricos. Vale destacar que até então a energia gerada pelas baterias eram suficientes e capazes de atender às necessidades da época.

No ano de 1900, nos Estados Unidos, já encontravam-se mais carros elétricos, do que carros movidos à vapor e também do que carros movidos à gasolina. No entanto, com o desenvolvimento do fordismo a partir de 1909, os carros elétricos passaram a caminhar de maneira mais conservadora que as duas outras tecnologias utilizadas naquela época. Além disso, nesse período ficou evidente que a carência de infraestrutura e a dificuldade de sua implementação constituiriam um gargalo para o avanço da eletricidade no setor dos transportes rodoviários.

A dificuldade para a implantação de uma rede de estações de reabastecimento de energia elétrica para os carros era notória e, além disso, isso dificilmente se tornaria viável, uma vez que coincidentemente àquela época se dava um amplo processo de desenvolvimento e expansão dos postos de gasolina. Apesar disso é válido o destaque para o que foi feito por volta de 1900 em Nova York. A cidade se dotou de um sistema de abastecimento, criado por uma empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica, no qual o motorista inseria uma certa quantidade de moedas e abastecia seu veículo carregando com o montante de watts/hora correspondente. Este modelo foi responsável por aumentar o uso de carros elétricos especialmente nas áreas urbanas. Entretanto ainda havia a vontade de tornar os carros elétricos viáveis também para percorrer distâncias mais longas, e nesse sentido os carros com baterias facilmente substituíveis se destacavam, pois além de permitir uma autonomia maior também possibilitavam que velocidades mais altas fossem atingidas. Com o mesmo intuito, posteriormente foi criado um sistema de troca de baterias que deixava ainda mais fácil a troca de baterias descarregadas por baterias com suas cargas completas (Hoyer, 2008).

Ainda na busca por uma tecnologia que permitisse uma maior durabilidade ou maior facilidade em recarregar e substituir as baterias, duas outras possibilidades surgiram. A primeira foi testada em Paris em 1887 e advém do princípio da frenagem regenerativa, pelo qual as baterias do carro se recarregariam através da energia mecânica gerada a partir do movimento das rodas. Nesse caso, quando um carro estivesse em declive as baterias se auto-recarregariam com uma energia gerada pelo através do acionamento dos freios.

O outro tipo de tecnologia, que se tornava uma alternativa para as limitações do carro elétrico e teve Ferdinand Porsche como um de seus primeiros inventores, foi a do carro híbrido. Se tratava de um motor que mesclava a eletricidade com o motor movido à combustão da gasolina que foi pela primeira vez apresentado no ano de 1900 em Paris e contemplava a tecnologia de frenagem regenerativa. A principal característica que esse carro tinha era a possibilidade de combinar as melhores virtudes dos dois tipos de motor, sendo extremamente silencioso durante sua utilização nas áreas urbanas e com autonomia de um carro à gasolina quando se fazia necessário. No entanto devido aos problemas de custo essa tecnologia praticamente saiu de pauta durante a primeira grande guerra mundial, só voltando a ser discutido nos anos 1970 (Hoyer, 2008).

Durante a Primeira Guerra Mundial, a indústria de carros elétricos podia ser considerada uma indústria com certo grau de prosperidade, especialmente nos Estados Unidos, França, Alemanha e Inglaterra. Os combates na Europa aumentaram ainda mais a produção e desenvolvimento dessa indústria, uma vez que a maioria dos veículos movidos à gasolina foi utilizada no esforço de guerra. Carros elétricos eram utilizados no processo de limpeza urbana e coleta de lixo e, com essa expansão na utilização, esforços no setor de infra-estrutura se fizeram necessários e foram colocados em prática para a viabilidade dessa tecnologia, especialmente na criação de estações de abastecimento. Dessa forma, podemos destacar que o fato de muitos veículos movidos à gasolina terem sido utilizados no esforço de guerra, e o grande desenvolvimento no sentido da implantação de um maior número de estações de abastecimento para carros elétricos, foram os principais responsáveis pelo aumento na produção desses veículos.

Com esse cenário, as expectativas acerca do advento dos carros elétricos eram enormes, no entanto essa tecnologia logo perdeu seu espaço para os motores movidos à combustão da gasolina e do diesel. Apesar de ao longo da década de 1920 algumas

empresas permanecerem com sua produção, com a crise econômica mundial de 1929 muitas delas não suportaram e abriram falência.

A produção de carros elétricos somente voltaria a estar em voga na Segunda Guerra Mundial, quando ocorreu, a exemplo do que acontecera na ocasião anterior, um pico devido à escassez de gasolina e ao fato de o fornecimento desses combustíveis serem prioritários para as batalhas. Sendo assim muitos países europeus, Estados Unidos e o Japão permaneceram produzindo carros elétricos até a década de 1950. Na Alemanha, como forma de incentivo ao uso dos carros elétricos, medidas governamentais, como o exemplo da isenção de impostos, fizeram com que o número de carros elétricos em utilização fosse aumentado em larga escala. Vale destacar que nesta ocasião também começaram a ser vistos carros que utilizavam combustíveis alternativos gerados a partir recursos renováveis locais como o álcool e o biodiesel.

Neste contexto de guerra vale ainda enaltecer a experiência da Grã-Bretanha que apresentou a mais duradoura frota de veículos elétricos já vista. Com uma grande quantidade de eletricidade barata, a volta com os carros elétricos na Grã-Bretanha se deu na década de 30, bem antes da segunda grande guerra mundial. Tratava-se de vans que eram utilizadas para a entrega de leite e pão e dentre as vantagens que ofereciam podia ter suas baterias carregadas em garagens comuns, além de serem suficientemente silenciosas para chegar às residências no início da manhã. Para elevar ainda mais a popularidade da utilização dessa tecnologia, campanhas governamentais de publicidade foram utilizadas para enfatizar as características positivas da utilização do carro elétrico (Hoyer, 2008).

No entanto, com exceção do caso das vans utilizadas pra entrega de leite na Grã-Bretanha, a produção e a utilização dos veículos movidos à eletricidade voltou a cair muito nos anos após o fim da guerra. Com a volta da oferta de gasolina, possibilitada após o fim da guerra, a produção das construtoras novamente voltou-se para os veículos de combustão.

Na Década de 1960, o foco dos debates acerca do carro elétrico mudou. A partir do livro “Silent Spring” da escritora Rachel Carson começou a se olhar para o carro elétrico como uma solução não só para os problemas de escassez de gasolina e outros combustíveis, mas também como uma alternativa para os problemas ambientais que o

uso do motor movido à combustão poderia trazer. O livro de Carson apesar de ter o foco principal na poluição gerada pelos produtos químicos utilizados na agricultura, também enfatizava o problema da poluição do ar. Naquela época, o chumbo ainda era usado como aditivo à gasolina e inexistiam filtros de partículas e catalisadores nos veículos, o que agravava ainda mais o problema. Sendo assim os veículos à combustão foram apontados como um dos grandes vilões, enquanto o carro elétrico foi colocado como uma possível solução (Hoyer, 2008)

Com a idéia de produzir um carro com baixos níveis de poluição ambiental, e que, além disso, tivesse características como baixo custo inicial e de utilização, a equipe de pesquisa da Ford começou a produção de um carro elétrico. Em 1967, estava pronto o protótipo de um carro com baterias de chumbo que tinha uma velocidade máxima de 60 Km/h e uma autonomia de 60 Km se utilizado à 40 Km/h. Características que pouco impressionam, sem contar o fato de serem modelos não adequados para a utilização durante o inverno. Assim como a Ford, logo a norte-americana General Motors se iniciou no programa de desenvolvimento de um carro elétrico um pouco mais avançado e transformaram um modelo convencional para essa nova tecnologia, podendo alcançar 200 Km de autonomia. Apesar desses avanços, as experiências da década de 1960 foram capazes de evidenciar as dificuldades no desenvolvimento dessa tecnologia, principalmente para que se tivesse uma autonomia aceitável sem abrir mão do desempenho e mantendo um preço que pudesse ser competitivo (Hoyer, 2008).

Nos anos 70, e com a evolução das discussões de cunho ambiental, os problemas energéticos foram ainda mais salientados e compreendidos como parte integrante dos debates. Vale mencionar que nesta década ocorreu a Conferência de Estocolmo (1972) que é entendida por muitos como um dos grandes marcos dos debates ambientais. Outros eventos e publicações desta década reforçaram os limites globais das fontes não-renováveis, focando na necessidade de se encontrar fontes renováveis para a geração de energia. Logo fontes alternativas (como a geração eólica, solar e etc.) passaram a fazer parte da agenda de debates populares e também em âmbito governamental.

Assim a década de 70 foi de fundamental importância para a evolução e desenvolvimento dos carros elétricos. Os carros elétricos além não liberarem nenhum tipo de poluente, podiam ter a energia elétrica necessária para se movimentarem gerada através de inúmeras fontes renováveis. Graças a essas características, diversas

construtoras de carros (européias, norte-americanas e japonesas) se engajaram em projetos para o desenvolvimento dessa tecnologia, mas nenhuma dessas tentativas foi capaz de transformar o veículo movido à energia elétrica em uma realidade palpável. Sendo assim, no final dos anos 70, os movimentos das construtoras na busca pelo carro elétrico voltaram a desaparecer ao redor do mundo.

Ainda impulsionados pelos problemas de poluição ambiental, especialmente nas cidades grandes, o carro elétrico voltou a estar no foco, nos anos 80. Nessa altura intensificava-se cada vez mais a necessidade de se desenvolver fontes alternativas, assim como tecnologias mais limpas no setor de transportes. No final da década de 80 e nos anos 1990 alguns documentos e conferências (“Nosso Futuro Comum”, Rio 92, Protocolo de Kyoto) passaram a servir como base para enfatizar a importância do meio ambiente e os problemas que o uso extensivo de combustíveis fósseis poderia trazer a humanidade. Tudo isso faz o carro elétrico ser visto como uma das maiores condições para que se alcançasse a sustentabilidade e, além disso, fizeram da década de 90 um dos períodos mais intensivos de discussão acerca de sua implementação (Hoyer, 2008).

Naquela década houve um intenso esforço mundial em pesquisa e desenvolvimento e todas as maiores montadoras do mundo já caminhavam nesse sentido. Somado a isso, uma série de conferências e pesquisas foram realizadas com o mesmo intuito, além de esforços de desenvolvimento para que se criasse uma bateria mais eficiente. No final dessa década, já se considerava viável, comercial e tecnologicamente, que se construíssem carros elétricos capazes de alcançar velocidades e com autonomia comparáveis ao que se tem com carros movidos à combustão.

Logo na virada do século, as idéias otimistas perderam força e houve retrocessos significativos do processo de desenvolvimento de tecnologia de baterias. O veículo elétrico, apesar de todas as vantagens no que diz respeito à sustentabilidade já apresentadas, ainda apresenta limitações que o afastam do consumidor final. O preço e o tamanho das baterias são considerados altos em relação à quantidade de energia que são capazes de carregar. Além disso, a demora para a recarga e a limitada velocidade e autonomia que podem alcançar são importantes desvantagens para potenciais compradores.

Nos últimos anos tem se apresentado algumas relevantes evoluções no que diz respeito ao desenvolvimento dos carros elétricos. Em 2012, cerca de 100.000 veículos elétricos plug-in foram vendidos ao redor do mundo, mais do que o dobro que havia sido vendido em 2011. Segundo cenário da Agência Internacional de Energia, é estimado que até 2020 se tenha cerca de 20 milhões de veículos leves elétricos em circulação ao redor do mundo, com vendas anuais na casa de 7 milhões, ou cerca de 10% de todo mercado de veículos.

Outro fator animador foi a redução no custo de desenvolvimento das baterias. Essa redução foi na casa de 50% nos últimos 3 anos e segundo o Departamento de Energia Norte-Americano levará mais 3 ou 4 anos para se traduzir em redução nos preços finais dos carros elétricos. Além disso, houve avanços nas tecnologias de recarga que estimulam e dão uma confiabilidade ainda maior para os carros elétricos (IEA, 2013).

Como pôde se notar no decorrer deste tópico, a história dos carros elétricos foi caracterizada por momentos de avanços e momentos de esquecimento ao longo dos anos. Vale destacar que o carro elétrico tem muito que evoluir ainda para deixar de ter seu mercado restrito e ser um veículo específico para o uso urbano e de curtas distâncias. Porém permanece sendo um possível caminho para a redução das emissões em direção a uma mobilidade sustentável.

I.2 - Os diferentes tipos de tecnologias

Veículo elétrico, segundo a ABVE (Associação Brasileira de Veículos Elétricos), é aquele que possui ao menos uma de suas rodas movimentadas através de um motor elétrico. Dentre os diversos tipos de carros elétricos se destacam: O carro elétrico à bateria; o carro híbrido; e o carro plug-in.

Vale ressaltar que, embora diferentes em alguns aspectos de funcionamento, tem em comum utilizarem como artifício a frenagem regenerativa. Esta tecnologia permite que quando o freio seja pressionado para redução de velocidade, a energia cinética resultante seja transformada em energia elétrica e armazenada na bateria. Este sistema

de frenagem é utilizado sem dispensar o freio mecânico para eventuais emergências, e, além disso, reduz o consumo de energia de 10% à 50%, sendo maior quanto maior o congestionamento.

I.2.1 - Carro elétrico à bateria

Esses veículos possuem baterias que armazenam a energia elétrica responsável por colocá-lo em movimento e se conectam a uma fonte de energia elétrica externa ao veículo. Os carros elétricos à bateria podem ser considerados os mais eficientes no que diz respeito ao consumo de energia, no entanto ainda não tem a autonomia que os veículos movidos a combustão interna e os carros híbridos possuem.

Com relação às emissões de gases poluentes a análise não se faz tão simples, pois deverá ser levada em conta toda a cadeia produtiva da energia elétrica que alimenta esse veículo. Ou seja, seria fundamental saber que tipo de fonte geradora foi utilizada. Levando em consideração o caso mais extremo das usinas a carvão, no qual se emitiria maior quantidade de gases, ainda assim o veículo elétrico teria pelo menos 20% menos emissões que um veículo convencional a gasolina (Erber, 2010).

O grande gargalo para esse tipo de tecnologia é a autonomia que está intimamente relacionada com o custo das baterias. Hoje as baterias mais eficientes têm o custo extremamente elevado e conseqüentemente tornam o preço do carro elétrico alto. Isso faz com que o carro puramente elétrico ainda não tenha uma fatia relevante do mercado automobilístico. A expectativa é que ao ponto que o custo de armazenamento de energia elétrica nas baterias diminua a competitividade dos veículos elétricos à bateria se torne maior.

I.2.2 - Carro híbrido

O carro híbrido conta, para seu acionamento, com um motor a combustão interno, comumente utilizado nos veículos convencionais, e também por um motor

elétrico. Se destaca por, no mundo, ser o tipo de carro elétrico mais vendido, uma vez que é capaz de relacionar duas características extremamente desejáveis em um veículo: Oferece redução nas emissões, no consumo de combustível e, simultaneamente, oferta uma excelente autonomia, sendo inclusive maior aos dos carros convencionais movidos a combustão interna.

O carro híbrido, diferentemente do carro elétrico à bateria, não se conecta a nenhum tipo de fonte externa para seu acionamento. O que ocorre no seu caso é a existência de um gerador acionado por um motor a combustão interna que faz com que o veículo entre em movimento, sendo que a bateria é responsável por armazenar a energia não utilizada pelo motor elétrico. Sendo assim se cria um excedente de energia que pode ser utilizado de maneira a tornar o veículo ainda mais econômico.

Vale destacar que essa sobrecarga de energia, armazenada na bateria do carro híbrido, permite que os motores a combustão interna que acionam seus geradores tenham potência inferior à dos carros convencionais. Além disso, os motores que acionam os geradores operam em condições mais estáveis reduzindo os desperdícios na queima do combustível.

Outra característica interessante que muitos veículos híbridos oferecem e que aumentam ainda mais a economia de energia, é o desligamento automático do motor em caso de parada. Por todas essas características o carro híbrido aparece como uma solução econômica e comercialmente viável, reduzindo emissões e o consumo de combustível oferecendo a maior autonomia dentre os carros em produção (Erber, 2010).

I.2.3 - Carro plug-in

A grande e maior característica desse tipo de tecnologia é poder aliar características apresentadas pelos dois outros tipos de carros elétricos. Sua bateria é capaz de ser alimentada por uma fonte externa, como no caso do carro elétrico à bateria, e também através de um gerador no interior do veículo. Ele tem autonomia superior ao carro que utiliza puramente baterias, pois seu gerador é capaz de aumentá-la significativamente.

Sendo assim o veículo com a tecnologia plug-in atua como um carro híbrido, mas que possui uma capacidade de baterias mais elevada, o que permite que ele se coloque como um intermediário entre os dois outros modelos (Erber, 2010).

I.3 - Desafios para a implementação e disseminação do uso do carro elétrico

As preocupações com o meio ambiente e com as conseqüências do uso irrestrito dos recursos naturais têm feito com que a indústria automobilística se mova de forma mais veloz no sentido de uma mudança tecnológica. Nesse contexto, os carros elétricos se inserem como um possível caminho para solucionar os problemas com emissão de gases estufa.

Algumas características fazem do veículo elétrico uma opção extremamente atrativa. Apesar de ser importante analisar toda a cadeia produtiva da energia elétrica que o alimenta, esse carro tem como característica a baixa (no caso dos híbridos) ou nenhuma emissão de gases (caso dos carros à bateria). Outro ponto relevante é o fato deles serem extremamente silenciosos. Além disso, o custo do quilometro rodado é inferior e a necessidade de manutenção do motor elétrico é vantajosa em relação aos carros convencionais.

Sendo assim, em âmbito mundial, os maiores fabricantes de carro têm investido consideráveis em busca de tecnologias viáveis para seus veículos elétricos. Vale ainda lembrar que, como veremos mais adiante, as características da matriz elétrica brasileira tornam o veículo elétrico uma alternativa ainda mais interessante.

Apesar de todas as vantagens comparativas que o carro elétrico apresenta, existem ainda algumas barreiras que tornam a sua adoção mais complicada. Dentre os principais entraves pode-se destacar o alto preço de comercialização, por conta da alta carga tributária que incide sobre os carros elétricos e pelo custo dessa tecnologia; a autonomia ainda muito limitada; e a falta de uma infra-estrutura de recarga.

Nos dias de hoje, o desenvolvimento das baterias se coloca como um ponto de extrema importância para a viabilidade econômica desse novo advento. Além de elas

serem determinantes para o preço final do carro elétrico, são elas que determinam a sua autonomia. Hoje em dia, o carro elétrico à bateria tem uma autonomia que não passa de 200 km, número que pode ser baixo para muitos usuários. Busca-se, para aumentar a capacidade de armazenar energia das baterias, encontrar novos tipos de produtos químicos capazes de modificar esse atual panorama. Hoje os principais tipos de bateria utilizadas nos carros elétricos são as de sódio, chumbo-ácido e as de íons de lítio.

Dentre todos os tipos de baterias a que consegue conciliar de melhor forma potência e densidade energética são as de íons de lítio, sendo assim a melhor alternativa para os veículos elétricos. No entanto, por conta de sua escassez ao redor do mundo, essas são também as mais caras. Desse modo, apesar de as baterias de lítio hoje serem utilizadas como padrão, alguns potenciais concorrentes já começam a surgir (Barbosa, et.al, 2010).

O advento dos carros elétricos demanda ainda uma grande modificação nos padrões de infra-estrutura para sua recarga. Um carro convencional, quando está próximo de esgotar seu combustível, pode com relativa facilidade encontrar um local onde possa reabastecer de forma rápida e seguir adiante. Hoje caso se estivesse em uma mesma situação com um carro elétrico a resolução certamente não seria tão confortável. Mesmo considerando que grande parte das recargas seria feita em casa durante a noite, para que se tornem viáveis, os carros elétricos necessitam de estações de recarga localizadas em vias públicas. Caso isso não seja possível, outra opção viável seria a criação de postos de troca de baterias, mas isso implicaria em altos custos para que se carregue o estoque e em uma padronização entre os diversos modelos.

Outro setor que merece atenção se refere à capacidade instalada nacional. Vale lembrar que os veículos deverão ser carregados em sua grande maioria em horários simultâneos (noturno), fazendo com que o operador do sistema elétrico tenha muita habilidade na administração dos horários de pico para que não se tenha problemas com o fornecimento de eletricidade. Outra preocupação relativa a todo setor elétrico nacional seria com relação às diferenças de voltagem, visto que voltagens mais elevadas permitem uma recarga mais rápida (Barbosa, et. al, 2010).

Capítulo II: Contextualização e um retrato do setor elétrico brasileiro

II.1 - Histórico de debates ambientais

A cada dia se torna mais evidente que o meio ambiente constituirá uma das principais direções para onde se destinarão as mais importantes demandas do futuro. Há tempos a idéia de que o meio ambiente constitui uma fonte inesgotável foi abandonada, sendo perceptível a noção de que qualquer forma de aproveitamento e degradação da natureza se refletirá no futuro.

Atualmente, a população já começa a sentir os efeitos da elevação da emissão de gases poluentes, de modo que seu agravamento pode tornar cada vez mais visível à população os desequilíbrios climáticos pelos quais se tornam responsáveis. Dessa maneira, a relevância dos debates ambientais e as questões de emissão de gases estufa tornam-se temas cada vez mais latentes para a sociedade. No setor energético esse debate é particularmente mais sensível, uma vez que boa parte do dióxido de carbono, emitido através da queima de combustíveis fósseis, são liberados por meio da geração de energia. Esse assunto tem ganhado importância para a elaboração da agenda das políticas energéticas.

Desde 1972, quando foi realizada a Conferência de Estocolmo, os efeitos nocivos de um desenvolvimento não-sustentável têm sido colocados em debate. Este evento colocou em voga os graves riscos ambientais ao qual todo o planeta estava sujeito. No entanto, a tese de que o controle à emissão de poluentes constituía um entrave ao crescimento econômico servia como uma boa justificativa para que esse assunto fosse colocado em segundo plano. Até então uma elevação nos níveis de poluição era considerada sinônimo de progresso econômico. A Conferência de Estocolmo pode ser considerada um dos mais importantes marcos que deram início às discussões acerca de como seria possível alcançar o desenvolvimento com um mínimo de agressão ao meio ambiente, mitigando os efeitos das mudanças climáticas. A decisão dos países desenvolvidos, liderados pelos EUA, era de, inicialmente, acabar provisoriamente com o desenvolvimento de todas as atividades industriais ao redor do mundo, uma vez que esta era a origem de maior parte da poluição emitida. No entanto,

apesar da intenção dos países com mais elevado grau de desenvolvimento, os países subdesenvolvidos imediatamente contestaram essa decisão, pois a essa altura tinham no processo de industrialização uma chance para alterar sua condição socioeconômica e seu nível de desenvolvimento (Costa, 2012).

Nos primeiros anos da década de 1980, com iniciativa da Organização das Nações Unidas, os assuntos relacionados ao desenvolvimento sustentável voltaram à tona. Como resultado dessa iniciativa, já no final da década, em 1987, foi publicado um documento chamado “Nosso Futuro Comum” ou Relatório Brundtland como também é denominado. Nesse documento a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento tenta deixar mais claro o quanto o uso irrestrito e irresponsável dos recursos naturais podem causar efeitos perversos. Além disso, esse documento pretendia tornar pública a idéia de que seria impossível alcançar um desenvolvimento sustentável com o modelo econômico de produção e consumo praticados àquela época.

A partir de então o desenvolvimento sustentável passou a ser definido como aquele que é capaz de abastecer as necessidades atuais, sem que se prejudique a capacidade de gerações futuras de satisfazerem suas necessidades. Dessa maneira a elaboração desse documento foi capaz de alertar os formuladores de políticas para a necessidade de por em prática a sustentabilidade.

Nesse contexto de busca por um desenvolvimento sustentável, em 1988, ocorreu, em Toronto, o primeiro encontro entre autoridades e estudiosos para discutir o problema das mudanças climáticas e o aquecimento global. Nela se caracterizou o impacto do aquecimento global como sendo inferior apenas ao de uma guerra nuclear. Já em 1990 é lançado, na Suécia, o IPCC, uma publicação na qual os estudiosos advertem sobre a necessidade de estabilizar o nível atmosférico de CO₂ (dióxido de carbono), e isso passaria por uma drástica redução na emissão deste gás.

Com as bases da primeira conferência ambiental, em 1992, se realizou no Rio de Janeiro a Eco 92, que trouxe para debate novamente os problemas de preservação dos recursos naturais. Nesse contexto, com a presença de mais de 100 chefes de estado, o objetivo principal era o mesmo de anteriormente: Introduzir, de forma definitiva, a idéia de desenvolvimento sustentável nos modelos de crescimento econômico, adequando-o às necessidades para um maior equilíbrio ambiental. Na Conferência do Rio foram

elaborados uma série de acordos dentre os quais podem se destacar os seguintes: A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC), cujo objetivo era mitigar o processo de aquecimento global; a Convenção da Biodiversidade; a Agenda 21; a Declaração do Rio.

Vale destacar que a Convenção-Quadro das Nações Unidas estabeleceu a meta de os países industrializados reduzirem seus níveis de emissão de gases poluentes e responsáveis pelo aquecimento global em 2000, ao que se tinha em 1990. A Convenção da Biodiversidade, por sua vez, tinha por finalidade proteger as espécies existentes ao redor do planeta, mas teve como ponto baixo a não assinatura por parte dos EUA. Já a Agenda 21 consistia em um documento no qual eram listadas 2.500 ações para que a implementação de um desenvolvimento sustentável se desse nos anos seguintes à realização da Conferência no Rio de Janeiro. Neste mesmo sentido a Declaração do Rio pôde ser considerada um dos mais importantes legados da Eco 1992, uma vez que através de 27 princípios, estabelecia uma parceria na qual a proteção ao sistema global se tornava de primordial importância. Assim a Eco 92 pôde alarmar para o problema do aquecimento global, a cada dia mais presente nos debates ambientais.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, aliada às idéias do encontro de Toronto e da publicação do IPCC deram origem ao Protocolo de Kyoto. Com os mesmos objetivos de reduzir o ritmo de aquecimento global das ações mencionadas, este tratado, discutido e assinado em 1997 em Kyoto no Japão, objetiva colocar em prática de maneira mais rigorosa um plano para alcançar reduções significativas nas emissões de gases estufa. Mais especificamente, no Protocolo de Kyoto os países signatários deveriam reduzir suas emissões pelo menos 5,2% no período 2008-2012 em relação a 1990.

No tratado consta, que para alcançar os objetivos traçados, os países participantes deveriam tomar algumas atitudes como: promover o uso de fontes alternativas e renováveis de energia; acabar com mecanismos financeiros e inapropriados aos fins do tratado; reduzir emissões de metano; proteger sumidouros de carbono; e finalmente, o que mais pertence ao escopo do presente trabalho, reformar setores energéticos e de transportes. Vale destacar que para o Protocolo de Kyoto entrar em vigor deveria haver a ratificação por parte dos 55 países que juntos produzem 55%

das emissões de gases estufa, o que ocorreu em fevereiro de 2005, apenas 8 anos após a assinatura do protocolo de Kyoto, com a ratificação da Rússia (Borja, 2007).

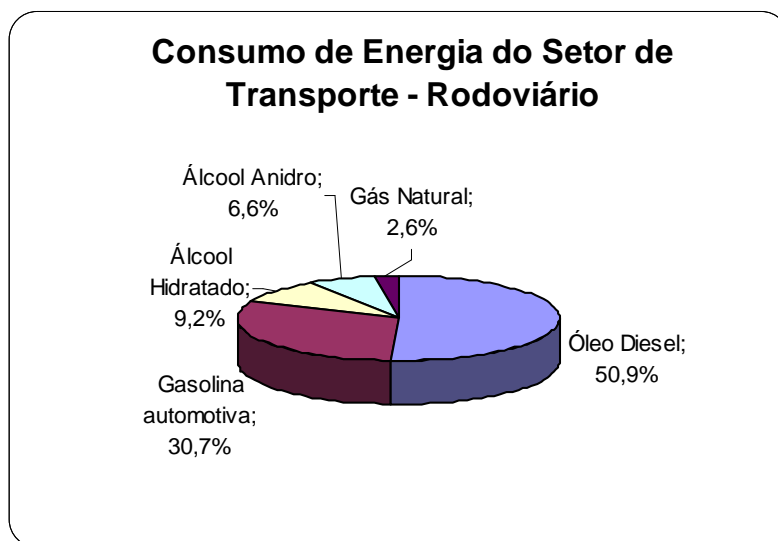
A partir da análise desse contexto de agravamento de problemas ambientais se faz notória a essencialidade de uma reformulação no funcionamento dos setores energéticos e de transportes. Isso porque existe uma ligação muito próxima entre energia e emissões de gases, uma vez que a geração da energia é, em boa parte dos casos, responsável pela liberação de gases estufa. Sendo assim energia sempre será um tema importante nas discussões acerca do desenvolvimento sustentável e, portanto, esse debate passa pela redução do consumo e queima de combustíveis fósseis para a produção de energia e pela busca de alternativas para o setor de transportes. Dessa maneira, o uso do petróleo e o setor de transportes constituem juntos grandes vilões nesse contexto de impactos ambientais e emissão de gases estufa.

A queima de derivados de petróleo faz com que, nas grandes metrópoles, o setor de transportes se destaque por ser responsável pela produção de grande parcela da poluição atmosférica.

II.2 – O carro elétrico no transporte rodoviário brasileiro

A figura 1, apresentada abaixo, revela que uso do óleo diesel e da gasolina automotiva no Brasil, responsáveis por elevados índices de emissão de gases de efeito estufa, representam 81,6% dos combustíveis utilizados para o transporte rodoviário. Ao proporcionar a redução da utilização da frota circulando com combustíveis fósseis e poluentes, os carros elétricos podem contribuir para uma redução significativa das emissões poluentes associadas ao transporte e aos padrões atuais de consumo de energia.

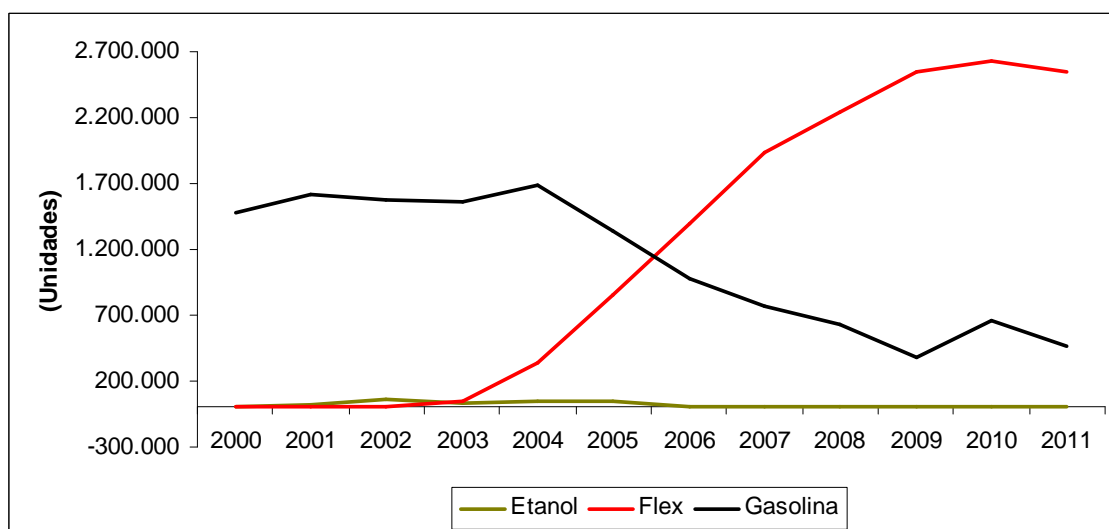
Figura 1: Consumo de energia do setor de transporte rodoviário (ano base 2010)



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2012, MME

O etanol é capaz de reduzir o consumo de combustíveis fósseis e conseqüentemente as emissões de CO₂. Enquanto a utilização de 1 litro de etanol libera 0,3Kg de CO₂, a mesma quantidade de gasolina implica em emissões de 2,75Kg (considerando mistura de gasolina com 20% etanol anidro), ou seja, o etanol puro seria cerca de 89% menos poluente. No entanto, a cada vez mais forte difusão dos carros *flex* (consomem etanol e/ou gasolina) modificou o panorama do setor de transportes. Ao possibilitar a escolha do combustível pelo consumidor na hora do abastecimento, gasolina e o etanol tornaram-se produtos quase substitutos perfeitos. Dessa forma, o consumo desses combustíveis se tornou extremamente volátil ao preço. Em momentos onde o valor do etanol não é competitivo, os consumidores naturalmente tendem a optar por consumir somente gasolina. Assim, o preço relativo do etanol tem substancial impacto nas emissões do setor de transportes. As figuras 2 e 3 podem ilustrar (Losekann, 2012).

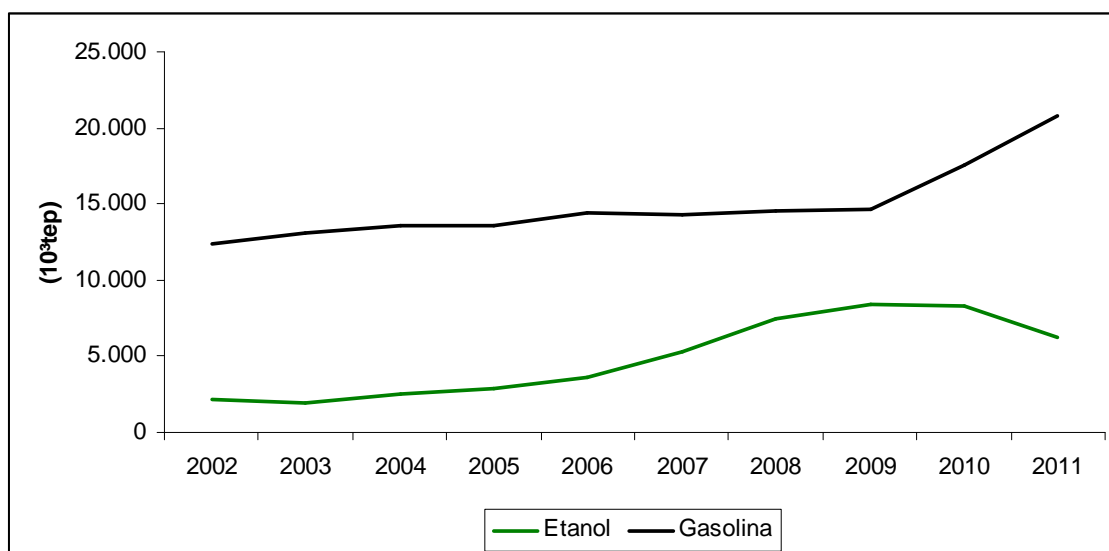
Figura 2: Evolução da produção de autoveículos leves



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANFAVEA

A figura 2 mostra que a partir de 2003, com a adesão à nova tecnologia dos bicomcombustíveis, houve o começo de uma grande elevação na produção dos carros *flex*. A partir de 2006 esses já eram produzidos em maior quantidade no Brasil, e daí por diante passaram a ser modelo dominante na produção nacional.

Figura 3: Evolução do consumo de etanol e gasolina



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da EPE

A figura 3, traz a trajetória do consumo de etanol hidratado e gasolina no Brasil desde 2002. A partir do gráfico pode-se observar que, especialmente após o ano de 2003 quando os carros *flex* passaram a ser produzidos, o consumo de etanol e gasolina quase sempre tomaram sentidos opostos. Ou seja, uma elevação no consumo de etanol é acompanhada de uma redução no consumo de gasolina. Com a introdução dos carros *flex* e em um cenário de preços do etanol competitivos, o Brasil foi capaz de exportar o excedente de sua produção de gasolina até 2009. No entanto, com a restrição na oferta de etanol e com a conseqüente alta nos seus preços juntamente com o aumento da frota brasileira, o país vem, desde 2010, experimentando a necessidade de importar grandes montantes de gasolina. Nesse contexto, é importante notar que essas importações têm efeito significativo na Balança Comercial Brasileira e, além disso, mostra que essa questão do setor energético repercute em toda a economia do país (Losekann, 2013).

A reestruturação do sistema de transportes e de energia, assim como a promoção de fontes energéticas renováveis, foi colocada como prioridades no Protocolo de Kyoto. É nesse contexto que o carro elétrico aparece como uma alternativa viável e capaz de reduzir os malefícios ao meio ambiente da combustão de um derivado do petróleo, fazendo com que indústrias automotivas invistam elevadas quantias no desenvolvimento dessa tecnologia. Carson e Vaitheeswaran (2008:15) descrevem a problemática da seguinte maneira:

O mundo está numa encruzilhada energética, e as decisões tomadas sobre carros e o petróleo nos Estados Unidos e na China durante a próxima década definirão o curso para o próximo século. Isso acontece porque a infra-estrutura da energia pode durar por décadas e a emissão de carbono pode durar ainda mais. Se resolvermos colocar o nosso sistema no curso correto, antes que uma crise real nos atinja em uma década ou duas, precisamos começar a transição agora.

Uma das maiores vantagens que um veículo elétrico oferece é o fato de a eletricidade poder ser gerada a partir de diversas fontes. No entanto, para que a opção pelo automóvel movido a partir da eletricidade seja realmente uma alternativa viável e para que a redução da emissão de gases poluentes seja reduzida, é necessário que se compreenda a importância da utilização de fontes renováveis e limpas de geração de energia elétrica.

II.3 - O contexto nacional

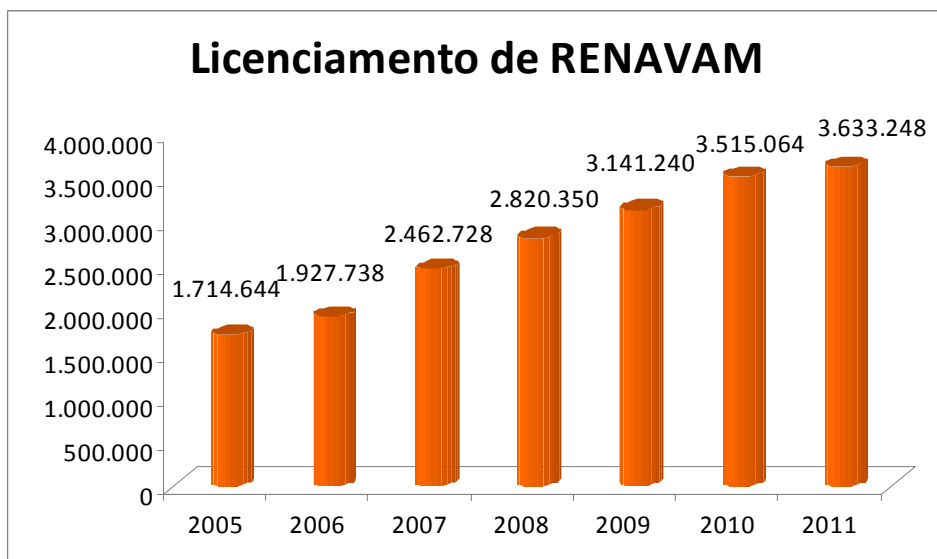
No Brasil esse contexto de debates ambientais tem repercutido de maneira a criar uma cada vez mais latente preocupação com relação aos desequilíbrios climáticos, mais especificamente com relação às emissões de gases estufa. Uma especificidade do país é elevada quantidade de habitantes (em 2012 quando o IBGE fez a última contagem da população esse número já chegava a 190 Milhões de habitantes), tornando mais claro em que dimensões a falta conscientização, no que diz respeito aos efeitos nocivos do desenvolvimento não-sustentável, pode trazer ao meio ambiente. É importante colocar que uma demanda energética mais elevada inclui o consumo de combustíveis fósseis, que liberam gases poluentes.

O que agrava ainda mais esse quadro é o fato de o Brasil possuir uma taxa de urbanização ser de cerca de 84% e de as grandes metrópoles nacionais, assim como os novos centros urbanos, não pararem de crescer. Essa elevada densidade demográfica nas cidades, comumente associada ao congestionamento e à elevada emissão de gases poluentes por veículos automotivos, explicita a necessidade de modificações na estrutura de consumo de energia pelo setor de transportes.

É importante, para uma melhor análise de como a introdução dos carros elétricos se inserem no contexto brasileiro, que se deixe claro o quão fundamental é o setor de transportes em geral para o desenvolvimento econômico do Brasil, principalmente por se tratar de um país em desenvolvimento. Nesse sentido, vale ressaltar que o Brasil se caracteriza pelo uso massivo e predominante do transporte rodoviário. Hoje se tem como unanimidade a necessidade de se introduzir nesse setor práticas energéticas que levem o país a atingir um desenvolvimento sustentável, e sem dúvida isso passa por uma reestruturação na indústria automobilística.

Atualmente, o parque automotivo conhece forte crescimento. Os dados de licenciamento de RENAVAM divulgados pela ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) evidenciam o forte aumento da venda de veículos.

Figura 4: Crescimento do licenciamento do RENAVAM entre os anos de 2005-2011



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANFAVEA

Através da figura 4, é possível notar que, nos últimos 6 anos (2005-2011), o número de carros licenciados no Brasil cresceu mais que 100% o que, como já destacado anteriormente, contribui em larga escala para as mudanças climáticas.

Diante desse contexto pode-se inferir que o Brasil, assim como o restante do mundo, precisa modificar sua estrutura de consumo de energia. É importante que se faça uma transição saindo de uma era dominada pela energia advinda do petróleo e hidrocarbonetos em geral para tempos em que a energia alternativa e sustentável será a dominante.

II.4 - As peculiaridades do setor elétrico brasileiro

II.4.1 - Características do produto eletricidade

A indústria de eletricidade é uma indústria de rede onde se verifica a ocorrência de monopólio natural. Isso se deve ao fato de neste setor ser grande a importância de economias de escala, ser notória a obrigatoriedade e essencialidade do fornecimento, e, além disso, a eletricidade é um produto que se caracteriza por ser um fluxo não estocável (Pinto Jr et al, 2007).

Sendo assim, o uso, o transporte e a geração de energia elétrica devem ocorrer em um mesmo instante no tempo, o que faz do setor elétrico ainda mais complexo e torna seus processos extremamente interdependentes.

Algumas especificidades técnico-econômicas da indústria elétrica podem ser assim descritas: “(i) a necessidade de antecipação do comportamento da demanda e (ii) a sobrecapacidade planejada, tanto de produção quanto de transporte, devido às características da curva de demanda elétrica com períodos de pico e de vale” (Pinto J. et al , 2007 p.129).

Um ponto importante para a compreensão completa de como o setor elétrico reagiria à introdução dos carros elétricos é a idéia da curva de carga. É fundamental que se compreenda a essencialidade de a capacidade de geração e transmissão serem suficientes para atender toda a demanda de pico, de maneira a garantir a confiabilidade do sistema assim como a segurança do suprimento. Ou seja, em determinado instante no tempo, é necessário que o somatório de todas as demandas por energia elétrica seja equivalente ao total de energia gerada. Sendo assim, quanto mais diversificados os padrões temporais de consumo maior a regularidade e mais baixa a necessidade de capacidade instalada de geração.

II.4.2 - Evolução do setor elétrico brasileiro

A partir de uma crise de suprimento, ocorrida no Rio de Janeiro, no interior paulista, além de outros estados, na década de 1940, tornou-se evidente a necessidade de uma presença mais participativa do Estado na Indústria elétrica brasileira, até então dominada por concessionárias estrangeiras (principalmente a Light e a AMFORP). Mostrava-se, então, a essencialidade de se fazer uma elevação substantiva na capacidade instalada de geração do Brasil. A partir daí, com uma maior participação do estado, o setor elétrico brasileiro pôde desenvolver-se com maior rapidez.

Dessa maneira, o período no qual a consolidação da indústria elétrica brasileira se deu foi, principalmente, nos 30 anos que se seguiram a 1945, se caracterizando por uma predominância da geração hidrelétrica. No período em questão, diversos projetos governamentais possibilitaram um maior avanço deste setor, sendo que os mais relevantes são os seguintes: i) criação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco - CHESF – (1945) e da Central Elétrica de Furnas (1954) para auxiliar no aumento da capacidade instalada ii) criação das Centrais Elétricas Brasileiras – Eletrobrás (1962); iii) criação do Fundo Federal de Eletrificação; iv) criação do Imposto Único sobre Energia Elétrica – IUEE - e dos mecanismos para sua distribuição e aplicação(1954); v) aquisição da AMFORP pela Eletrobrás (1964); vi) criação da Eletrosul (1968) e Eletronorte (1972). Além de todos esses fatores, em 1979, a Eletrobrás adquiriu os ativos da Light, finalmente criando uma grande Indústria Elétrica Nacional (Pinto Jr et al, 2007).

Organizada de maneira a constituir um monopólio público vertical, com uma indústria integrada nacionalmente e com características de geração de base essencialmente hidráulica, as tarifas eram remuneradas pelo custo de serviço (regulador fixa uma taxa de remuneração ao capital investido). A disseminação do acesso ao fornecimento de energia elétrica aliada aos esforços freqüentes de investimento setorial, especialmente no seguimento de geração, fez com que a indústria de eletricidade brasileira prosperasse até meados da década de 70. Esses investimentos eram feitos através do autofinanciamento (que se dava através de recursos reinvestidos), do financiamento interno (através de capitais arrecadados mediante aos recolhimentos compulsórios e impostos) e de financiamentos externo (créditos estrangeiros).

No entanto a crise econômica ocorrida na década de 80 impactou no setor, de maneira reduzir drasticamente os investimentos setoriais. As restrições ao crédito externo, a elevação da taxa de juros, o elevado grau de endividamento das empresas e a situação fiscal do país prejudicaram muito o modelo de organização industrial do setor e os níveis de investimentos. As empresas não conseguiam se adaptar às novas condições conjunturais e sendo assim mostrava-se iminente a necessidade de reforma no setor.

Em meados da década de 1990 iniciou-se o programa de abertura e privatização do setor elétrico. A idéia de introduzir o capital privado no setor elétrico tinha por objetivo tornar os seus players mais eficientes (através da introdução da concorrência), reduzir os problemas de déficits fiscais e reativar os investimentos anteriormente paralisados. Nesse contexto de reformas é instituída uma nova lei de concessões, é criada a ANEEL (regulador, mediador e fiscalizador) e a ONS (manutenção da confiabilidade e integridade do sistema), além de ser criado o mercado atacadista de energia (responsável pelo preço da energia elétrica no mercado Spot), formando as bases para o desenho institucional que caracterizaria o setor elétrico no final da década de 1990 (Pinto Jr et al, 2007).

No entanto nenhum tipo de esforço ainda seria capaz de evitar que as falhas verificadas na condução do processo de reforma, além da falta de sinergia entre os principais órgãos do setor, culminassem com a crise de abastecimento de energia elétrica que ocasionou a necessidade de racionamento de energia no ano de 2001.

II.4.3 - Novo modelo institucional

As diretrizes do novo modelo institucional do setor elétrico brasileiro visavam mitigar os riscos de uma nova crise de racionamento como a ocorrida em 2001. Para alcançar os objetivos de garantir a segurança do suprimento, promover a inserção social no setor e promover a modicidade tarifária, através de uma contratação mais eficiente para os consumidores regulados, esse novo modelo entrou em vigor em meados de 2004.

A partir de então as distribuidoras contratariam a energia através de leilões obedecendo o critério de menor tarifa, devendo contratar 100% de sua carga, garantindo o suprimento com tarifas mais baixas. Além disso, a fim de evitar crises de abastecimento, o país passaria a operar com lastro de potencial no segmento de geração.

Outra característica dessa reforma foi a criação de 2 ambientes distintos de negociação: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), também conhecido como mercado cativo, e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), conhecido como mercado livre. Desse modo só podem demandar energia no ACL os chamado consumidores livres, da mesma maneira que no ACR só quem demanda energia são as empresas distribuidoras. Sendo que a demanda no mercado cativo deve ser totalmente atendida pelas empresas de distribuição.

Além disso, foram criadas algumas instituições com novos atributos, são elas: A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que presta serviços de estudos para viabilizar o planejamento setorial; a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) que é responsável por tornar possível a comercialização de energia no SIN (Sistema Interligado Nacional); e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) responsável por fiscalizar a continuidade e segurança de suprimento (Pinto Jr et al, 2007).

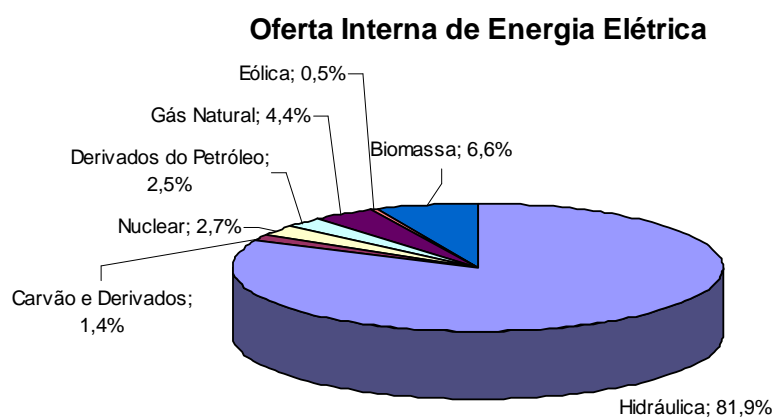
II.4.4 - Matriz elétrica brasileira

Para que a opção pelo automóvel movido a partir da eletricidade seja realmente uma alternativa viável e para que a emissão de gases poluentes seja reduzida, é necessário que se compreenda a importância da utilização de fontes renováveis e limpas de geração de energia elétrica. Dentre as muitas especificidades do setor elétrico nacional, destaca-se a grande predominância da geração hidráulica.

Sob a perspectiva de um país portador de uma oferta de energia elétrica gerada primordialmente através de hidrelétricas e com potencial energético “limpo” ainda não explorado, o Brasil torna-se o cenário ideal para a implementação da tecnologia dos carros elétricos, assim como para sua utilização em larga escala.

Apesar de possuir na sua matriz elétrica um parque de geração predominantemente hidráulico, com o aumento da demanda, a participação dessa fonte pouco poluente tem se reduzido mesmo que de maneira sutil. A figura 5 evidencia o quadro descrito, sendo que 81,9% da geração de energia elétrica brasileira é de origem hidráulica, no entanto também deixa clara a ainda baixa participação das fontes alternativas no total gerado no país no ano de 2010.

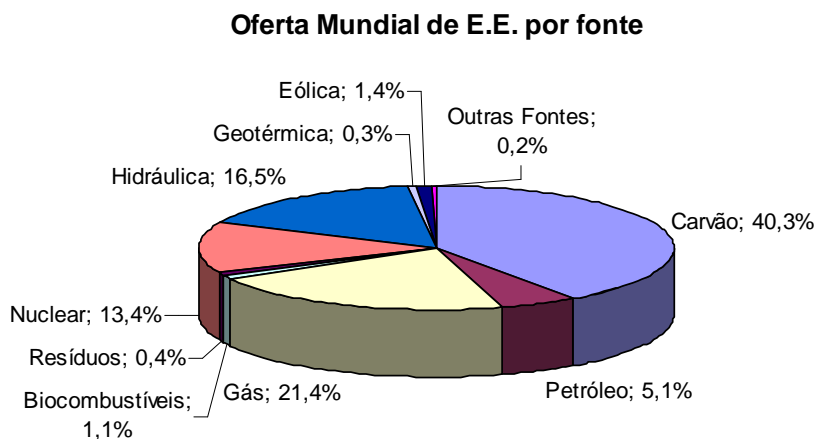
Figura 5: Oferta interna de energia elétrica (E.E)



Fonte: adaptado de BEN 2012, MME

Uma maneira de esclarecer o quão vantajosa é a situação do Brasil em relação à maioria dos outros países ao redor do mundo é construindo o gráfico da oferta mundial de energia elétrica. A figura 6 retrata que, no mundo, a energia elétrica é gerada predominantemente através do carvão, fonte essa que totaliza 40,3% do total gerado no mundo. Vale mencionar a relativamente baixa participação das fontes renováveis.

Figura 6: Oferta mundial de energia elétrica



Fonte: IEA, 2009

Dessa forma, fica mais claro que para atender ao pressuposto de tornar o carro elétrico uma tecnologia mais limpa, o incremento na capacidade instalada, que provavelmente seria necessária para atender a demanda desse advento, se desse predominantemente através de fontes limpas e renováveis. Vale destacar que atualmente o Brasil se encontra em uma situação em que o risco de problemas de abastecimento parece controlado. No entanto é de primordial importância que se atente para o equilíbrio entre oferta e demanda, especialmente no caso da introdução massiva dos carros elétricos e considerando a elevação na demanda por energia elétrica atrelada a esse processo.

Capítulo III: Estudos do impacto da disseminação do carro elétrico para o setor elétrico brasileiro

Para que se tenha uma aproximação dos efeitos de uma introdução mais efetiva dos carros elétricos e seus impactos, partindo do princípio que as projeções para sua introdução no Brasil ainda são muito incipientes, é mais coerente que sejam utilizadas algumas suposições a respeito de sua penetração. A partir daí poderemos inferir a respeito de como se comportará o consumo de energia elétrica e as outras variáveis relacionadas.

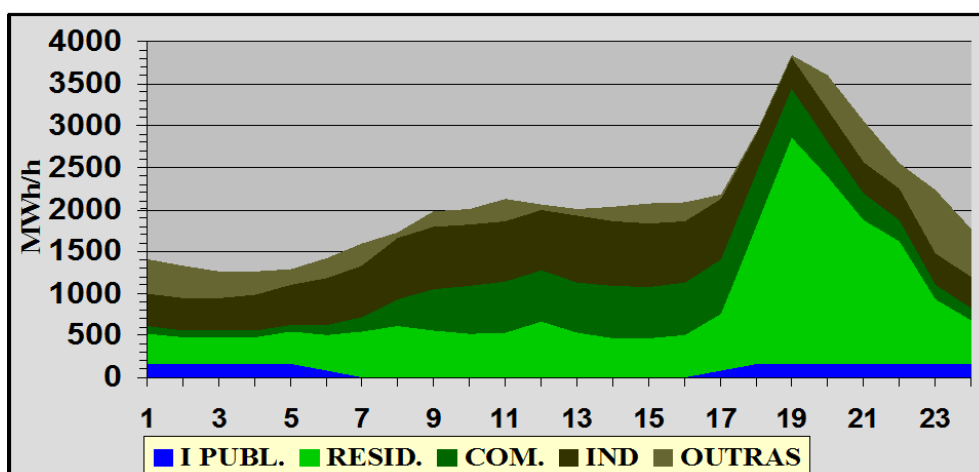
Além da profunda transformação pela qual a indústria automotiva irá sofrer, alguns outros setores certamente passarão por modificações consideráveis. Este capítulo objetiva explicitar de forma simples três hipotéticos cenários futuros e alguns dos impactos mais substanciais que provavelmente serão notados, em especial no setor elétrico.

III.1 - Panorama atual da carga de energia elétrica no Brasil

Conforme já foi abordado no capítulo II do presente trabalho, como a energia elétrica é um produto que não pode ser estocado, é imprescindível que o gerador esteja programado para atender às demandas no momento em que elas ocorrerem. Sendo assim é essencial que o sistema atue com uma sobrecapacidade com relação à demanda máxima no período de pico (Pinto Jr. et.al. 2007).

A figura 7 explicita que durante o dia de um consumidor típico brasileiro, o horário em que a demanda de energia elétrica começa a se elevar mais rapidamente é às 19 horas, atingindo seu auge entre às 18 e 21 horas e esse consumo vai ser reduzido até às 5 horas da madrugada. Sendo assim o consumo atinge seu pico justamente na hora em que a maioria dos brasileiros iniciam suas atividades após o dia de trabalho, acionam chuveiros elétricos, aparelhos de ar condicionado e etc...

Figura 7: Curva diária de carga típica brasileira



Fonte: ONS, 2010

Para se ter uma idéia da magnitude do consumo brasileiro, a tabela 1, que poderá ser observado abaixo, explicita de forma resumida o consumo médio mensal de energia elétrica, a partir de dados consolidados do ano de 2012, fornecidos pela ONS.

Tabela 1: Carga mensal e média do SIN e de suas regiões

GWh(2012)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
SIN	44.279	43.747	46.885	43.699	43.924	41.896	41.987	44.485	43.424	44.802	45.043	46.178	44.196
SE/CO	26.914	26.971	28.929	26.993	26.760	25.670	27.721	27.411	26.847	27.862	27.381	28.370	27.319
S	7.677	7.721	7.988	7.103	7.373	7.080	7.166	7.525	7.045	7.345	7.897	7.945	7.489
NE	6.648	6.161	6.823	6.535	6.681	6.270	6.232	6.502	6.520	6.604	6.814	6.982	6.564
N	3.040	2.894	3.146	3.067	3.110	2.875	2.869	3.048	3.011	2.991	2.952	2.881	2.990

Fonte: ONS, 2012

Conforme pode ser visualizado, o Sistema Interligado Nacional totalizou uma carga média mensal de 44.196 GWh.

III.2 – Impactos para o setor elétrico

Para avaliarmos o comportamento da demanda de energia elétrica, foram utilizados 3 cenários onde foram considerados apenas os carros elétricos a bateria. Foi considerado apenas a frota de veículos leves e a substituição de 10%, 20% e 50% de toda a frota. Foi utilizado, como ponto de partida para este exercício, a projeção de frota de veículos leves feita pelo Grupo de Economia da Energia segundo na qual, em 2010, estavam em circulação 25,5 milhões de veículos (Losekann, 2012).

Os carros elétricos podem ser recarregados tanto através de Tomadas convencionais como utilizando postos de recarga rápida. Estudos evidenciam que em uma tomada convencional de energia, um carro elétrico com bateria totalmente descarregada demoraria de 5 a 7 horas para ter sua carga completa com potência de aproximadamente 3,3 KW, sendo que nos postos de carga rápida esse mesmo procedimento seria executado em cerca de 30 minutos com potencia de 50 KW (ABVE, 2011).

Apesar de os postos de recarga rápida oferecerem uma maior praticidade aos usuários, esta infra-estrutura deve ser utilizada levando em consideração a capacidade de carga de todo o sistema. Isso porque, caso eventualmente um número elevado de carros estejam sendo carregados simultaneamente, fatalmente a sua demanda superaria a capacidade da rede. Considerando o fato de esses veículos terem uma autonomia de cerca de 180 km, suficiente para boa parte dos usuários no dia a dia da cidade, seria aconselhável que os postos de recarga rápida ficassem concentrados principalmente em auto estradas. Isso porque para viagens mais longas o carregamento de carga rápida seria de fundamental importância.

A introdução massiva dos carros elétricos, implica em um acréscimo no consumo de energia elétrica. Sendo assim, alguns artifícios, como por exemplo a utilização de tarifas diferenciadas, serão aconselháveis para que se evite um consumo excessivo no horário de pico e o sistema tenha garantida a sua confiabilidade e afastados os riscos de racionamento. Assim os proprietários de carros elétricos seriam estimulados a colocarem seu carro para carregar em horários com menor demanda e, conseqüentemente com tarifas mais reduzidas como, por exemplo, durante a

madrugada. Na Inglaterra, consumir no horário de ponta significa pagar perto de cinco vezes mais pela mesma quantidade de energia elétrica consumida fora do horário de ponta. Outra solução, para não sobrecarregar o sistema em horários de ponta, são os “conectores inteligentes”, que embora pudessem ser conectados à energia em qualquer horário, mas só permitir a recarga a partir de um horário programado.

Levando isso em consideração, essa nova demanda poderia ser considerada interessante para as empresas distribuidoras de energia elétrica. Isso porque, além de compensar a melhora de eficiência de aparelhos eletrodomésticos, de iluminação e de escritórios, essa nova carga ocuparia um horário de baixa demanda e capacidade de fornecimento ociosa conforme visto na figura 7 na página 30 (Erber,2010).

Para simular a substituição da frota de carros convencionais por puramente elétricos à bateria foi considerado os seguintes pressupostos:

- Potência de um carro elétrico 3,3KW (ABVE)
- Frota veículos leves 25,5 milhões (GEE)
- tempo diário de carregamento de 4 horas
- Emissão de CO₂ de um carro convencional ser cerca de 5.400 Kg por ano (Editora Abril, 2007)
- Consumo médio mensal de energia elétrica no SIN de 44.196 GWh (ONS)

Se substituirmos 10% da frota de veículos leves, admitindo o cenário descrito, teríamos em circulação 2,55 milhões de carros elétricos, e cada um deles teria um consumo diário de 13,2 kWh. Sendo assim teríamos um acréscimo no consumo diário de 33.600.000 KW. Isso representaria, em um mês, uma elevação na ordem de 1009,8 GWh.

Esse incremento no consumo representa 2,28% da média mensal verificada para o ano de 2012. A tabela 2, abaixo, traz de forma resumida os resultados desse exercício. Vale ressaltar que seriam deixados de ser liberados na atmosfera terrestre cerca de 13,77 Milhões de toneladas de CO₂.

Tabela 2: Substituição de 10% da frota de 25,5 milhões de veículos.

Substituição de 10% da frota de 25,5 Milhões	
Consumo Diário por carro	13,2 KWh
Consumo Diário do total de carros	33,66 GWh
Consumo Mensal do Total de Carros	1009,8 GWh
Aumento percentual na Carga média Mensal	2,28%
Redução Anual na emissão de CO₂	13,77 Milhões de Ton

Fonte: Elaboração própria com dados do GEE e ABVE

No caso de uma substituição de 20% da frota, teríamos em circulação 5,1 milhões de carros elétricos, e cada um deles tendo o mesmo consumo diário na ordem de 13,2KWh. A elevação no consumo diário seria, dessa maneira, na ordem de 67.320.000 KWh. Isso representaria, em um mês, uma elevação de 2019,6 GWh no consumo de energia elétrica.

O consumo médio mensal seria aumentado em 4,56% do que foi observado para o ano de 2012. A tabela 3, abaixo, traz de forma resumida os resultados desse exercício. Neste caso 13,77 Milhões de toneladas de CO₂ deixariam de ser liberados.

Tabela 3: Substituição de 20% da frota de 25,5 milhões de veículos.

Substituição de 20% da frota de 25,5 Milhões	
Consumo Diário por carro	13,2 KWh
Consumo Diário do total de carros	67,32 GWh
Consumo Mensal do Total de Carros	2019,6 GWh
Aumento percentual na Carga média Mensal	4,56%
Redução Anual na emissão de CO₂	27,54 Milhões de Ton

Fonte: Elaboração própria, com dados do GEE e ABVE

Finalmente, se substituirmos 50% da frota estimada, teríamos um acréscimo no consumo diário de 168.300.000 KWh. Isso representaria, em um mês, uma elevação na ordem de 5049 GWh.

O aumento no consumo representa 11,42% da média mensal verificada para o ano de 2012. A tabela 4, abaixo, traz de forma resumida os resultados desse exercício. Vale ressaltar que seriam deixados de ser liberados na atmosfera terrestre cerca de 13,77 Milhões de toneladas de CO₂.

Tabela 4: Substituição de 50% da frota de 25,5 milhões de veículos

Substituição de 50% da frota de 25,5 Milhões	
Consumo Diário por carro	13,2 KWh
Consumo Diário do total de carros	168,3 GWh
Consumo Mensal do Total de Carros	5049 GWh
Aumento percentual na Carga média Mensal	11,42%
Redução Anual na emissão de CO₂	68,85 Milhões de Ton

Fonte: Elaboração própria, com dados do GEE e ABVE

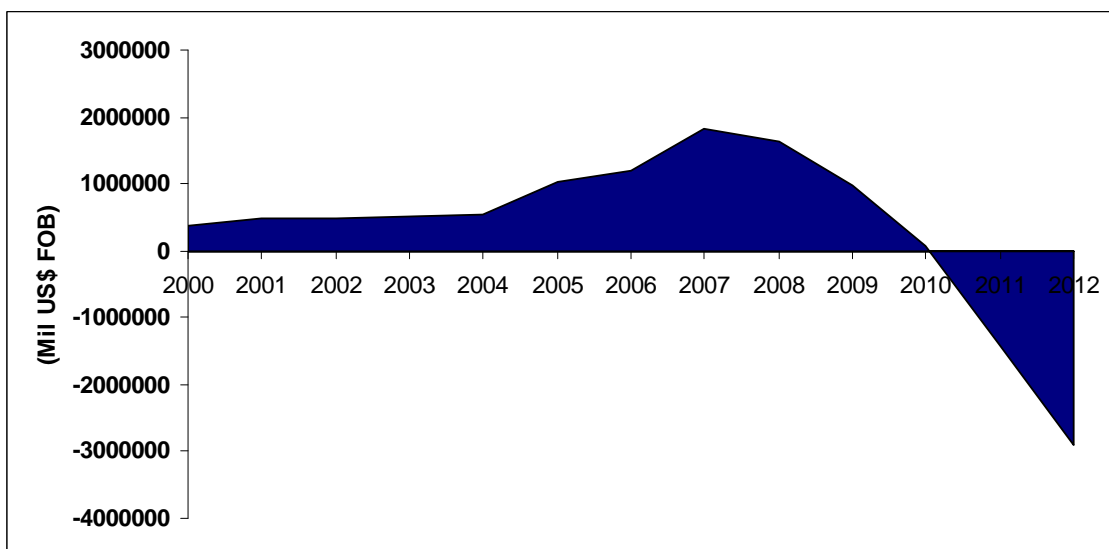
III.3 – Implicações para o setor de transportes e para economia brasileira

Com a introdução dos carros elétricos, o setor de transportes sofreria uma modificação na sua estrutura de consumo energético. De acordo com os pressupostos desse trabalho substituiríamos parcela da frota atual de veículos leves, que hoje é formada basicamente por carros que consomem etanol e/ou gasolina, por carros puramente elétricos.

Somado a isso se notaria uma redução da dependência externa de combustíveis e uma melhoria na condições da Balança comercial brasileira. Em 2012, o Brasil importou 3,7 Bilhões de litros de gasolina, tendo um gasto de 2,9 US\$ Bilhões. Isso demonstra que o Brasil não está tão próximo da auto-suficiência quanto se imaginava quando da descoberta do Pré-Sal (Losekann, 2013).

A figura 8 demonstra que de 2000 a 2010 o Brasil registrou exportações líquidas de gasolina, entretanto, com as restrições na oferta de etanol em 2010, passou a importar grandes volumes deste combustível. Nesse contexto, caso o advento do carro elétrico se tornasse possível e a atual frota fosse substituída, certamente teríamos uma redução nas importações de gasolina que hoje tem grande relevância na Balança Comercial brasileira. Isso seria possível pela vasta oferta interna de energia elétrica.

Figura 8: Exportação líquida de gasolina (mil US\$ FOB)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP

Conclusão

Com o ganho de importância atribuído aos problemas ambientais ao redor do mundo, a preocupação com a redução do nível de emissões poluentes nocivas ao meio ambiente, especialmente dos gases responsáveis pelo aquecimento global e efeito estufa, tem se tornado tema cada vez mais presente. No setor de transporte, de acordo com os resultados apresentados por esse trabalho, o carro elétrico apresenta-se como fonte de mitigação de poluição ligada às suas atividades.

A matriz brasileira, por ser principalmente composta de hidrelétricas, torna ainda mais atrativa a utilização massiva dos carros elétricos. No entanto, para que no país se tenha uma inserção massiva dessa nova tecnologia, seriam fundamentais algumas modificações. Hoje, o alto custo da tecnologia agregada no produto e a elevada carga de impostos que incorrem os carros elétricos inviabilizam a sua adesão e maior escala. Além disso, seria de fundamental importância a criação de uma infra-estrutura de abastecimento desses veículos.

O resultado final deste trabalho, supondo uma substituição de metade da frota atual brasileira estimada de veículos leves por carros puramente elétricos, mostra que haveria um incremento de 5049 GWh no consumo mensal de energia elétrica (11,42% de aumento). No entanto uma análise mais concreta da capacidade do setor elétrico de atender essa nova demanda envolve outros fatores que não pertencem ao escopo deste trabalho. Além disso, outro efeito relevante seria a redução nas importações de gasolina que traria um benefício para a economia como um todo.

O que se pode afirmar é que para a viabilidade no atendimento dessa nova demanda, vale ressaltar que seria aconselhável que fosse instituído um modelo de cobrança por tarifas diferenciadas, incentivando que os novos veículos sejam recarregados fora do horário de pico. Além disso, recentemente o Brasil passou por problemas ligados à oferta de energia elétrica. Nos meses de setembro e outubro de 2012, em um contexto de baixo nível dos reservatórios e elevação do consumo por conta da proximidade do verão, o Brasil experimentou mais uma vez a ameaça de racionamento (Portalpch, 2012).

Sendo assim, os dados apresentados por esse trabalho fornecem uma base para uma análise preliminar da viabilidade e consequências da introdução dos carros elétricos no Brasil. Vale ressaltar que sua real introdução depende de muitos outros fatores como, por exemplo, aspectos fiscais, tecnológicos e industriais. Os recentes episódios do final de 2012, com a ocorrência inclusive de apagões, colocam em dúvida a real capacidade do sistema elétrico brasileiro. É importante que o setor elétrico se solidifique e esteja preparado para o aumento da demanda, para que a solução dos problemas de emissões relativos ao setor de transportes não exponha fragilidades ainda desconhecidas do sistema elétrico brasileiro.

Referências Bibliográficas

ABVE, notícias, disponível em
<<http://www.abve.org.br/destaques/2011/destaque11039.asp>> , acessado em 15/03/2013

ANEEL, disponível em
<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp>>,
acessado em 27/03/2013.

BARBOSA, Nelson; OLIVEIRA, Dyogo; SOUZA, José Antonio P. Carro elétrico: desafio e oportunidade para o Brasil. In: VELLOSO, Joao Paulo dos Reis. **Brasil, novas oportunidades: economia verde, pré-sal, carro elétrico, Copa e Olimpíadas**. Rio de Janeiro: José Olympio, 2010. p.41-55.

BORJA, Alcione Gonçalves Borges; RIBEIRO, Francis Lee. **Crédito de carbono: da estruturação do protocolo de Kyoto à implementação das atividades de projeto MDL**. Revista de Economia da UEG, Anápolis, GO, vol. 3, n. 1, p. 67-86, Jan./Jun. 2007. Disponível em:
<<http://www.nee.ueg.br/seer/index.php/economia/article/viewFile/118/118>>.

CENTER FOR STRATEGIC & INTERNAL STUDIES. **Alternative Transportation Fuels and Vehicle Tecnologies: Challenges and Opportunities**. Washington: CSIS, 2009. Disponível em:
<http://csis.org/files/publication/090811_Bovair_AltTransportFuels_Web.pdf>.

COSTA, Letícia Gozzer; DAMASCENO, Marcos Vinícius Nogueira; SANTOS, Roberta de Souza. **A Conferência de Estocolmo e o pensamento ambientalista: como tudo começou**. In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XV, n. 105, out 2012. Disponível em:

<http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=12292>. Acesso em: jan 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional, 2011** – Ano Base 2010: Relatório Final. Rio de Janeiro: EPE, 2011. 266 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf>.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional, 2009** – Ano base 2008: Relatório Final. Rio de Janeiro: EPE, 2009. 274 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2009.pdf>. Acesso em: 08 Set. 2009.

ERBER, Pietro. Automóveis elétricos a bateria: uma política para sua utilização no Brasil. In: VELLOSO, Joao Paulo dos Reis. **Cadernos Fórum Nacional 10: Estratégia de implantação do carro elétrico no Brasil**. Rio de Janeiro: INAE, 2010. p. 87-111.

HØYER, Karl Georg. **The history of alternative fuels in transportation: the case of electric and hybrid cars**. Utilities Policy, v. 16, n. 2, p.63-71, Jun. 2008.

LOSEKANN, Luciano; VILELA, Thais M. M.; DE CASTRO, Gustavo Rabello, **Difusão de automóveis flexíveis no Brasil: sensibilidade ao preço e impactos na emissão de CO₂**. 2012 Disponível em: <http://www.gee.ie.ufrj.br/arquivos/publicacoes_ceee/TD_gee_ibp_002_Losekann_Vilela_Castro.pdf>

LOSEKANN, Luciano; HAYDT, Gustavo, **Projeção da importação brasileira de combustível: cenários e impactos. 2013** Disponível em:

<<http://infopetro.wordpress.com/2013/03/11/projecao-da-importacao-brasileira-de-gasolina-cenarios-e-impactos/>>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Tracking Clean Energy Progress**. 2013, disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TCEP_web.pdf>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook, 2009 - Ano base 2008**). 2009. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebite/2009/WEO2009.pdf>>

KUPFER, David; HASENCLEVER, Lia. **Economia Industrial: Fundamentos Teóricos e Práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. 640p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília: MME, 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/spe/galerias/arquivos/Publicacoes/matriz_energetica_nacional_2030/MatrizEnergeticaNacional2030.pdf>. Acesso em: 06 Set. 2009.

Operador Nacional do Sistema, disponível em: http://www.ons.org.br/sala_imprensa/energia/carga_propria.aspx, acessado em 25/03/2013

PINTO Junior; QUEIROZ, Hélder; DE ALMEIDA, Edmar Fagundes. **Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 360 p.

PORTALPCH, notícias, disponível em:
<http://portalpch.com.br/_j15/index.php?option=com_content&view=article&id=8261:06112012-apagoes-de-energia-e-risco-de-acionamento&catid=1:ultimas-noticias&Itemid=98>, acessado em 12/04/2013.

SCHIBUOLA, TATIANA; RAQUEL, NILMA, **20 Maneiras de Ajudar o Planeta**, disponível em:
<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo/_240021.shtml> .Acesso em 14/04/2013

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da Inovação: A Economia da Tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 282 p.

VAITHEESWARAN, Vijay V.; CARSON, Iain. Zoom: a corrida para abastecer o carro do futuro. Tradução de Cordelia Magalhães. 1. ed. São Paulo: Editora Landscape, 2008. 358 p. Título original: **Zoom: the global race to fuel the car of the future**.

Endereços eletrônicos consultados:

<http://www.abve.org.br>

<http://www.embarqbrasil.org/node/123>

http://www.ons.org.br/sala_imprensa/energia/carga_propria.aspx

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp>

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/operacaocapacidadebrasil.asp>

http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo/_240021.shtml

<http://www4.planalto.gov.br/centrodeestudos/galeria-de-fotos/arquivos-importados/apresentacao-visita-cnos#2283,47,Slide 47>

