

## CENÁRIOS PARA O MERCADO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

**José Francisco M. Pessanha<sup>1</sup>, Luiz Artur Pecorelli Peres<sup>1</sup>,  
Ana Carolina I. L. Caldas<sup>2</sup>, Fernanda de M. F. Particelli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
Rua Fonseca Teles, 121 2º andar - Sala L15,  
CEP 20940-903 S. Cristóvão - Rio de Janeiro

<sup>2</sup>Light Serviços de Eletricidade S.A.  
Av. Mal. Floriano, 168 Bloco A1 - 1º andar  
CEP 20080-002 Centro - Rio de Janeiro

**Abstract:** This paper discusses the strategies for electric vehicle penetration in the market. It was verified that the role of power utilities companies as promoting agents of this new business is recommendable and the electric vehicle is a fundamental element which adds value to the smart grids. The application of a forecast methodology to get the energy consumption from these vehicles in the metropolitan area of Rio de Janeiro shows a well promising perspective for the next ten years. In fact, the increases of energy sales and the additional benefits do not require big investments from the studied company, including in its network. *Copyright © 2011 CBEE/ABEE.*

**Keywords:** Electric Vehicles, Smart Grid, Panning, Power Distribution, Market.

**Resumo:** Este trabalho discute estratégias de penetração do veículo elétrico no mercado. Constata-se que o papel das distribuidoras de energia elétrica, como promotoras deste novo negócio, se torna atrativo com o advento das “smart grids”. A aplicação de uma metodologia de projeção de consumo decorrente da recarga destes veículos para a região metropolitana do Rio de Janeiro demonstra um cenário bem promissor nos próximos dez anos. De fato os acréscimos de faturamento e benefícios decorrentes não exigem investimentos de porte da concessionária estudada, inclusive na sua rede elétrica.

**Palavras Chaves:** Veículos Elétricos, Smart Grid, Planejamento, Distribuição, Mercado.

### 1 INTRODUÇÃO

A matriz elétrica brasileira é considerada uma das mais limpas do mundo devido à produção ser realizada majoritariamente em usinas hidráulicas, porém, a matriz de transporte do País apresenta um desempenho de baixa eficiência tendo em vista a predominância quase exclusiva do modal rodoviário baseado nos ciclos Diesel e Otto, que é responsável por 83% das emissões de CO<sub>2</sub> do setor, conforme informado no Boletim da Confederação Nacional de Transporte de Janeiro de 2010. O 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, lançado em 25 de março de 2010 pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) indica que o setor de transportes é o que mais causa impactos na qualidade do ar e a modalidade dos rodoviários é responsável por 90% das emissões de gases poluentes e de CO<sub>2</sub>. Ao lado das questões de caráter global não

podem ser excluídas as emissões de caráter local determinadas pelo monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e outros numerosos poluentes que apesar das limitações impostas representam um impacto social desastroso.

A necessidade premente de mitigar estas emissões tem incentivado a busca de opções aos veículos de combustão interna – VCI, sendo que uma das alternativas mais promissoras é a substituição dos VCI por veículos elétricos – VE. Além de se evitar a emissão pelo tubo de escape, destaca-se que os motores elétricos são mais eficientes que os motores térmicos, pois, enquanto os motores tradicionais têm a eficiência de 20 a 30%, motores elétricos conseguem transformar em torno de 90% da energia elétrica em energia mecânica.

O VE apresenta um rendimento energético pelo menos três vezes superior ao veículo com motor térmico, minimiza as emissões atmosféricas, é silencioso e atualmente é a única tecnologia veicular

comercial capaz de anular a produção de qualquer gás quando funciona exclusivamente com baterias. O período 2011-2020 será a década decisiva para a mudança da tendência do consumo de petróleo e das emissões de gases do efeito estufa (PHILIPON, 2010). A expectativa é que ao longo deste período as políticas para os setores de energia e de transporte promovam a estabilização e, em seguida, iniciem a redução do consumo de combustíveis fósseis. Neste contexto, a emissão zero nas cidades vai se tornar um objetivo assumido pelos dirigentes governamentais. Este trabalho reflete os resultados de alguns dos estudos realizados no âmbito do projeto de pesquisa “Metodologia de Planejamento e Análise para a Implantação de Veículos Elétricos em Atividades de Transporte”, amparado pela Light Serviços de Eletricidade S.A. em parceria com o GRUVE - Grupo de Estudos de Veículos Elétricos da UERJ sob a anuência da ANEEL - Agência Nacional de Energia de Energia Elétrica, com um prazo de vinte quatro meses e de acordo com a lei nº 9991 de 24/07/2000.

## 2 A INDÚSTRIA EMERGENTE

A produção do VE é uma atividade emergente na qual se observam parcerias estabelecidas entre empresas do setor elétrico e montadoras de veículos rodoviários, muitas vezes com incentivos governamentais, com a finalidade de viabilizar o VE (BROWN et al, 2009). Uma decisão estratégica crucial em indústrias emergentes como a do VE é a oportunidade de entrada e participação neste novo ambiente. O pioneirismo envolve riscos elevados, mas pode também proporcionar um grande retorno quando se visualiza a recarga noturna de frotas dos clientes comerciais e industriais no Brasil com contratos de tarifa verde ou azul. A difusão do VE abre novas oportunidades de negócios, em especial na recarga das baterias dos veículos elétricos. A forma de organizar este novo negócio ainda não está definida, porém não há dúvidas de que as distribuidoras de energia elétrica ocupam uma posição de destaque na estruturação deste novo negócio, pois já operam vastas redes de distribuição nas áreas urbanas por meio das quais se relacionam com uma enorme quantidade de clientes. As distribuidoras são parceiros integrantes da penetração do VE no mercado e candidatas naturais a oferecerem o serviço de recarga de baterias nas redes inteligentes ou *smart grids* (BOCCUZZI et al, 2009). No *smart grid* os VE se comportam como cargas ou como fontes de geração distribuída, dependendo da conveniência de cada situação. Neste cenário ao VE será atribuída a função de atuar como um *no-break*, em períodos de recarga, para unidades residenciais, perante os distúrbios e desligamentos da rede elétrica (PECORELLI PERES, 2011). Isto vai implicar em novas formas de relacionamento dos clientes com as distribuidoras. Apenas para exemplificar a complexidade envolvida, a simples colocação de tomadas nas garagens de edifícios precisa atender alguns requisitos, como tensão adequada e mecanismo de tarifação individual do proprietário do veículo. A

energia acumulada na bateria abre novas possibilidades ao automóvel. Além da função de *no-break* residencial citada poderá devolver energia à rede, arbitrando seu fluxo com a distribuidora local de acordo com a tarifa.

Como em toda tecnologia nova que exige grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento e, sobretudo, quando disputa a hegemonia da tecnologia vigente e o poder daqueles que dela se beneficiam, é natural que o VE enfrente barreiras de toda ordem, como econômicas (elevado custo de aquisição inicial), tecnológicas (indisponibilidade de baterias mais leves, duráveis e de menor custo e que possam ser carregadas em pouco tempo), impedimentos legais (inexistência de políticas públicas que contemplem os benefícios do VE no Brasil), fiscais (imposto excessivo sobre o VE) e culturais, como o grande desconhecimento das características, benefícios e disponibilidade do VE (DOMINGUES, 2010).

Apesar de tantas barreiras, o fato é que atualmente as políticas públicas, aliadas às estratégias financeiras, em diversos países caracterizam uma tendência mundial crescente e irreversível de penetração dos VEs às quais se junta a necessidade de conter a dependência dos combustíveis fósseis e a conseqüente emissão dos gases do efeito estufa e poluentes originados da sua queima. Todas estas considerações despertaram o interesse e significativos investimentos das montadoras no desenvolvimento de diversos tipos de veículos elétricos mesmo arcando com grande parte dos custos de implantação deste novo produto. Desta forma, verifica-se que é patente a expectativa de retorno financeiro proveniente da implantação do veículo elétrico no mercado.

Para as distribuidoras e demais empresas do setor elétrico os custos de abertura do mercado estão associados com a divulgação do VE e a organização de uma infraestrutura para recarga das baterias e que correspondem a uma pequena parcela dos custos de expansão, manutenção e operação das redes atualmente operadas. Esta iniciativa poderá ser realizada com o ingresso de terceiros neste promissor negócio. Em resumo, os custos e riscos de abertura do mercado do VE são repartidos entre os vários atores interessados, sendo que a maior parte não recai sobre as empresas do setor elétrico que inclusive serão beneficiadas com o aumento do mercado.

Por meio de parcerias com montadoras, as distribuidoras poderão contribuir efetivamente na difusão do VE junto aos seus clientes. A promoção do VE pelas distribuidoras deve ser tratada como uma estratégia de *marketing* para conquistar o mercado em um novo nicho. O primeiro passo para a implantação desta estratégia já foi dado pela Light através de um projeto de P&D/ANEEL que contempla a introdução do VE na própria frota da distribuidora e na construção de um eletroposto visível aos clientes, além de diversas outras iniciativas. Por meio destas iniciativas será possível demonstrar aos clientes proprietários de frotas os benefícios proporcionados pelos VEs. Merece esclarecer que os clientes institucionais, principalmente aqueles proprietários e

operadores de frotas veiculares, poderão se beneficiar do VE mesmo apresentando maior preço de aquisição, devido ao seu grande valor agregado, que propicia menor custo de manutenção, menor custo de combustível e ainda com a capacidade de gerar receita pela prestação de serviços ancilares às distribuidoras. (TOMIĆ & KEMPTON, 2007).

Portanto, para as montadoras a parceria com as distribuidoras é vantajosa, pois permite construir uma estratégia de entrada para o seu produto, apoiada em relações de distribuição trazidas de outros negócios (PORTER, 1986). No caso de grandes clientes as distribuidoras já gozam de um canal de comunicação que possibilita a empresa oferecer assistência técnica e soluções inovadoras no uso da energia elétrica. No caso de clientes de menor porte, como pequenos comerciantes e residenciais, a fatura de energia elétrica constitui valioso meio para o *marketing* direto. Além disto, a parceria das distribuidoras com montadoras também será importante nas negociações junto ao governo quando da formulação de políticas e iniciativas que promovam o VE, por exemplo:

- Incentivos governamentais como a redução de taxas e prática de subsídios diretos que alterem a competitividade do VE para os possíveis compradores. No caso brasileiro a redução temporária (cinco anos) do IPI e ICMS de todas as espécies de VE será um fator crucial para introdução do VE.
- Na definição justa dos encargos e impostos que incidem sobre o preço da energia elétrica em eletropostos.
- No financiamento da construção da rede de recarga dos VEs.

A atuação do governo não se resume à concessão de isenções fiscais, mas pode abranger também a imposição de restrições ao uso de VCI em determinadas áreas ou períodos, especialmente nos grandes centros urbanos, por razões de redução de impacto ambiental. Ações como esta contribuem para aumentar a atratividade dos VE.

### 3 SEGMENTAÇÃO DO MERCADO

Uma das questões cruciais para propósitos estratégicos em uma indústria emergente é, com frequência, a avaliação dos mercados que se abrirão mais cedo para o novo produto e aqueles que se abrirão mais tarde. No caso do VE o mercado pode ser segmentado em dois grupos: clientes institucionais (grandes empresas, frotas, poderes e serviços públicos) e clientes individuais (WOLF, 1999).

Esta classificação guarda uma correspondência com a classificação das unidades consumidoras atendidas por uma distribuidora: os clientes individuais correspondem aos consumidores da classe residencial, enquanto os clientes institucionais correspondem aos consumidores das demais classes de consumo. A maioria das novas cargas decorrentes da introdução

dos VEs provavelmente será classificada nas classes residencial e comercial (WEBSTER, 1999).

Pensar numa frota comercial elétrica é realmente uma boa idéia, do ponto de vista ecológico e econômico. A energia gasta pelos VE é mais em conta do que a consumida pelos VCI e a manutenção de um motor elétrico também é mais barata, sem contar a eficiência do próprio motor. Porém, para os clientes institucionais a análise econômica não é, per si, determinante da decisão de compra do VE, pois outros fatores são considerados nesta decisão, por exemplo, a contribuição do VE na promoção de uma imagem socialmente responsável dos negócios da empresa junto aos seus *stakeholders* justifica o emprego do VE em grandes frotas (WOLF, 1999). Por esta razão os clientes institucionais portadores de grandes frotas estão na linha de frente do mercado para VE.

O VE é ideal em aplicações como entrega de correspondência (correios e serviços de *courier*), segurança de espaços públicos amplos (parques e estacionamentos), transporte escolar, coleta seletiva de lixo, serviços de atendimento ao cliente em áreas urbanas (empresas de energia, saneamento, telefonia, TV a cabo e internet), circulação em áreas restritas (armazéns, aeroportos, hotéis e *shopping centers*) e demais situações caracterizadas por uma quilometragem diária limitada, paradas frequentes e recarga durante a noite. Muitos veículos de transporte de mercadorias percorrem diariamente distâncias inferiores à autonomia permitida pelas baterias, em torno de 200 km e por serem ligados a uma garagem central, podem ser recarregados durante a noite. A FEDEX, DHL, Minneapolis-St. Paul International Airport, AT&T, PG&E e a Southern California Edison são alguns exemplos de empresas que já empregam o VE em suas frotas. As cooperativas de táxis e locadoras de veículos são outro importante nicho de mercado para o VE. Por sua vez, para um cliente individual a decisão de comprar um VE é sensível a diferença entre os preços do VE e do VCI equivalente, sem levar em conta os custos de manutenção e a emissão de gases poluentes (WOLF, 1999). O cliente individual é sensível ao preço do veículo e, portanto, não é um precursor, pois não comprará um VE sem um sólido argumento comercial e vantagens na qual apoiar sua decisão: estacionamento gratuito, faixas exclusivas para veículos não poluentes etc. (WOLF, 1999). Por esta razão, os primeiros compradores de VE serão indivíduos de elevada renda, para os quais o VE será o segundo ou o terceiro veículo utilizados principalmente em pequenos trajetos na área urbana. Por enquanto, o elevado preço do VE ainda não é atrativo para os clientes individuais, porém as bicicletas e *scooters* elétricas já são produtos oferecidos no mercado com preços acessíveis aos clientes individuais. A utilização de VE de duas rodas apresenta um enorme potencial de crescimento em países emergentes devido ao perfil sócio-econômico da população (SIQUEIRA DIAS et al., 2007). A geração de motos elétricas já chegou ao Brasil e inclusive conta com montadoras nacionais.

## 4 INFRAESTRUTURA

Apesar da introdução do VE contribuir para o aumento da demanda por energia elétrica, não se vislumbra limitações de capacidade de atendimento desse novo mercado, em termos de geração e transmissão, posto que seu efeito sobre o incremento da demanda global deverá ser suficientemente gradual para que a expansão destes segmentos seja ajustada. No entanto, serão necessários reforços em diversos pontos das redes de distribuição, além de milhares de pontos de conexão, junto às residências e outros locais de estacionamento, e a existência de estações de carregamento rápido ao longo das estradas com a finalidade de recarregar as baterias dos VE.

Embora a recarga das baterias guarde alguma semelhança com o abastecimento dos veículos nos postos de combustíveis, a interação do VE com seu fornecedor de energia é bem mais complexa do que a do VCI com a rede de fornecedores do combustível. Enquanto o VE estiver ligado à rede, também poderá ceder energia de sua bateria para contribuir para a melhoria do serviço de eletricidade prestado pela concessionária local. Adicionalmente, a recarga da bateria de um VE pode ser realizada em tomadas de eletricidade que apresentem requisitos de segurança e proteção segundo normas específicas. Estas tomadas poderão ser alimentadas diretamente pela rede de uma distribuidora, como acontece nas unidades consumidoras residências ou poderão ser alimentadas por uma fonte de energia privada a exemplo das células fotovoltaicas. Ainda há a possibilidade de contar com sistemas robóticos para troca rápida da bateria descarregada por uma plenamente carregada, conforme a proposta da empresa *Better Place* (<http://www.betterplace.com/>).

Ainda que o negócio de recarga das baterias esteja aberto à concorrência de outras empresas, as distribuidoras têm uma vantagem natural neste futuro negócio, pois já operam uma rede que está presente em toda a área urbana e que chega a todos os clientes potencialmente compradores de VE. Além disso, para ter vantagem sobre as distribuidoras os concorrentes deverão oferecer serviços com preços abaixo da tarifa das distribuidoras e, concomitantemente, obter energia a um custo bem mais em conta que o mix de compra de energia das distribuidoras.

Mesmo perante estes desafios, a recarga do VE pode ser um negócio atrativo para outros empreendedores. Conforme bem ilustrado por PACCA (2009), um *shopping center*, por exemplo, poderia ter uma pequena termoelétrica de alta eficiência e ciclo combinado que produzisse tanto eletricidade como vapor para ser utilizado no sistema de ar condicionado do edifício. Este tipo de cogeração aumenta significativamente a eficiência do uso do gás natural. Como um *shopping center* opera geralmente entre as 10 e às 22h, o equipamento poderia ser operado durante a noite para carregar uma frota de carros elétricos para o uso durante o dia. Um *shopping center* com um mini gerador de 2 MW de potência instalada poderia abastecer uma frota de 5.500 VE

(PACCA, 2009). Ainda no caso dos *shoppings centers*, o uso do gás natural por cogeradores de porte médio poderia ser interessante como um negócio que agregaria valor para o empreendedor e para a sociedade, garantindo a produção de eletricidade e contabilizando os créditos de carbono (PACCA, 2009). A quantidade de créditos depende da eficiência do carro a ser substituído, da fonte utilizada para a geração da eletricidade e da quilometragem anual do veículo.

Apesar do reabastecimento do VE utilizar a eletricidade, distintas fontes de energia podem ser empregadas para gerá-la. Assim, a performance ambiental do VE está relacionada com a fonte de energia primária utilizada para este fim. Os benefícios são maiores se as fontes para produção da eletricidade são renováveis, pois neste caso a substituição de combustíveis fósseis vem a ser contabilizada como créditos de carbono.

Outra situação interessante que pode se beneficiar de créditos de carbono consiste em alimentar VE com energia elétrica gerada a partir do lixo, por exemplo, pela queima do metano produzido em aterros sanitários. Um bom exemplo desta possibilidade foi desenvolvido na cidade de Kirklees no Reino Unido (<http://www2.kirklees.gov.uk/news/onlinenews/newsdesk/fullstory.aspx?id=577>), onde um VE utilizado na coleta de lixo é alimentado com energia elétrica gerada pelo próprio lixo que ele coleta, sendo que o excedente de energia elétrica gerada a partir do lixo é injetado na rede de distribuição.

## 5 A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Cerca de 72% das unidades consumidoras atendidas pela Light estão localizadas na cidade do Rio de Janeiro. Participações semelhantes são observadas nas classes residencial (71%), industrial (76%) e comercial (78%). A cidade do Rio de Janeiro concentra a maior frota do Estado e segundo dados disponibilizados pelo DETRAN-RJ a frota ativa de veículos na cidade alcançou a marca de 2.252.032 unidades no ano de 2009. Portanto, para fins de avaliação do mercado potencial de VE na área de concessão da Light é suficiente analisar a situação da frota no município do Rio de Janeiro. A título de comparação, em 2008 a Light atendeu 2.517.224 unidades consumidoras na cidade do Rio de Janeiro.

A maior parte da frota (cerca de 80%) é formada por automóveis. A composição da frota no ano de 2009 mostra que os automóveis, motocicletas, camionetas e caminhonetes correspondem a aproximadamente 95% da frota veicular ativa na cidade. Os principais usos da frota ativa na cidade do Rio são o transporte de passageiros (pouco mais de 90%), seguido pelo transporte de carga (cerca de 6%). Neste caso, o potencial de eletrificação da frota é elevado, pois o transporte de passageiros pode perfeitamente ser realizado por modelos de automóveis, motocicletas e ônibus elétricos já disponíveis no mercado.

Quanto ao tipo de combustível, os veículos a gasolina ainda são maioria, mas a sua participação tem

diminuído desde a entrada dos veículos *flexfuel*, conforme indicado na Fig. 1.

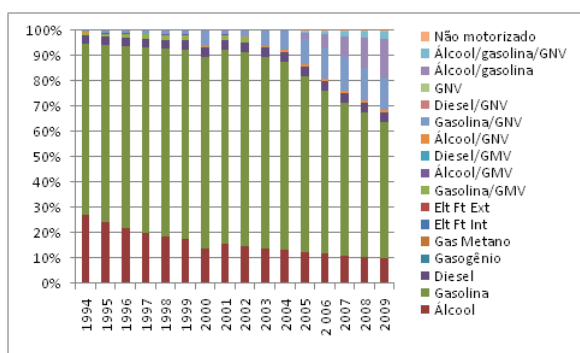


Figura 1 - Frota ativa por combustível (DETRAN-RJ)

Este é um aspecto relevante, pois se os compradores aceitaram bem a proposta dos *flexfuels*, eles também poderão aceitar bem os VEs. Com relação à idade da frota, pouco mais da sua metade ativa (55%) tem mais de 10 anos de uso (Fig. 2). O baixo índice de renovação da frota reflete a pouca disponibilidade de recursos dos proprietários individuais. Para estes o VE ainda não é acessível e provavelmente mesmo com possíveis subsídios do governo.

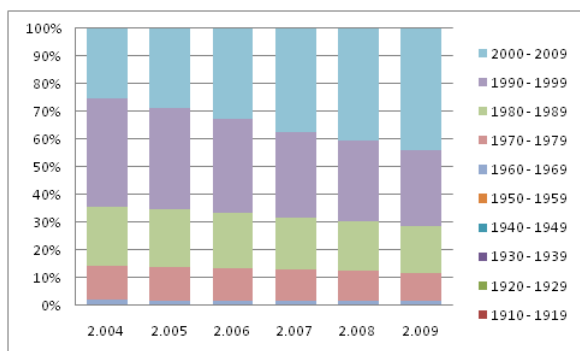


Figura 2 - Frota por ano de fabricação (DETRAN-RJ)

## 6 PROJEÇÕES

Em vários países a chegada do VE está prevista para o período entre 2015 e 2020 em frotas e nichos bem definidos. A expectativa é que no final da década os VEs representarão pelo menos 10% do mercado, sendo que as frotas cativas estarão na linha de frente deste mercado (PHILIPON, 2010). Até lá, várias iniciativas, sobretudo nas cidades, deverão ser desenvolvidas com a finalidade de criar progressivamente o mercado para os VEs, como a construção da infraestrutura necessária a operação dos VEs, fábricas de baterias e a harmonização de normas, protocolos, definições e métodos no mundo inteiro. Destaca-se o surgimento de novas modalidades de comercialização dos VE, como o modelo semelhante ao aluguel de um automóvel e o modelo proposto pela empresa *Better-Place* em Israel e na Dinamarca. A seguir, na Tabela 1 são apresentadas projeções para a participação do VE nas frotas veiculares até 2030 elaboradas pelo Deutsche Bank.

Tabela 1 - Projeções para a participação do VE nas frotas veiculares até 2030

Híbridos/elétricos	2010	2015	2020	2030
EUA	0,9%	3,0%	8,8%	39,8%
China	0,1%	3,5%	15,4%	63,1%
Global	0,3%	1,8%	6,6%	35,6%

Fonte: Deutsche Bank (2009)

No caso do Brasil, a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE) estima que no ano 2020 os carros elétricos (exclusivamente à bateria e híbridos) representem cerca de 20% dos veículos vendidos (BARBOSA et al, 2010), uma projeção otimista, pois as montadoras projetam uma participação de 2% dos carros elétricos nas vendas mundiais em 2020 (POMPERMAYER, 2010). Adicionalmente, o elevado preço do VE e a existência de um mercado bem desenvolvido para os combustíveis derivados da cana de açúcar contribuem para a menor difusão do VE no mercado brasileiro. Por estas razões é razoável considerar que a difusão do VE no mercado brasileiro inicie a partir de 2015 e alcance uma participação entre 2% (cenário conservador) e 10% (cenário otimista – WEBSTER, 1999) da frota nacional em 2020.

Segundo o 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários a frota veicular no Brasil deverá alcançar cerca de 69 milhões de veículos no ano de 2020, sendo cerca de 20 milhões de motocicletas, 45 milhões de automóveis e veículos leves (ciclo Otto) e aproximadamente 4 milhões de caminhões e ônibus (ciclo Diesel). Para o mesmo período, o Plano Diretor de Transportes Urbanos (PDTU), elaborado pela Secretaria Estadual de Transportes do Estado do Rio de Janeiro, projeta que a frota no Estado deve mais que dobrar nos próximos anos, passando de 4,7 milhões de veículos em 2009 para 8,6 milhões em 2020. Esta fase de crescimento sem precedentes da frota de veículos nas ruas do Estado do Rio de Janeiro deve-se aos grandes empreendimentos como o Comperj, em Itaboraí, Porto do Açú, em Campos, a Companhia Siderúrgica do Atlântico, em Sepetiba, além da realização da Copa de 2014 e dos Jogos Olímpicos de 2016. Neste trabalho admite-se uma trajetória linear para o crescimento da frota veicular no Estado do Rio de Janeiro no período 2009 – 2020. A frota veicular no município do Rio de Janeiro corresponde a maior parcela (cerca de 48%) da frota do Estado, assim, a projeção do tamanho da frota veicular no município do Rio de Janeiro pode ser obtida com base na projeção da frota para o Estado. Nesta projeção pode-se empregar o método *ai bi* (MADEIRA e SIMÕES, 1972), o mesmo usado pelo IBGE para repartir a projeção populacional para o Brasil entre as Unidades da Federação. O método tem a propriedade de repartir a projeção do Estado entre os municípios com base nas tendências históricas de crescimento da frota, de tal forma que a soma dos resultados para os municípios seja exatamente igual ao resultado para o Estado. O método *ai bi* pressupõe



uma relação linear entre as frotas do Município e do Estado:

$$Frota Município(t) = a \times Frota Estado(t) + b \quad (1)$$

Onde as constantes  $a$  e  $b$  são determinadas pela resolução do seguinte sistema de equações lineares:

$$Frota Município (2001) = a \times Frota Estado (2001) + b \quad (2)$$

$$Frota Município (2009) = a \times Frota Estado (2009) + b \quad (3)$$

A solução do sistema é apresentada abaixo:

$$a = \frac{[Frota Município (2009) - Frota Município (2001)]}{[Frota Estado (2009) - Frota Estado (2001)]} \quad (4)$$

$$b = Frota Município (2009) - a \times Frota Estado (2009) \quad (5)$$

As expressões acima indicam que as constantes  $a$  e  $b$  são determinadas pela tendência histórica observada na última década. Neste caso foram obtidos os seguintes resultados:  $a = 0,3599$  e  $b = 554.795,3174$ .

A projeção do tamanho da frota veicular no município em um ano  $t$  é obtida em função do tamanho da frota veicular projetado para o Estado do Rio de Janeiro no mesmo ano, conforme indicado pela seguinte equação de projeção:

$$Frota Município(t) = 0,36 \times Frota Estado(t) + 554.795,32 \quad (6)$$

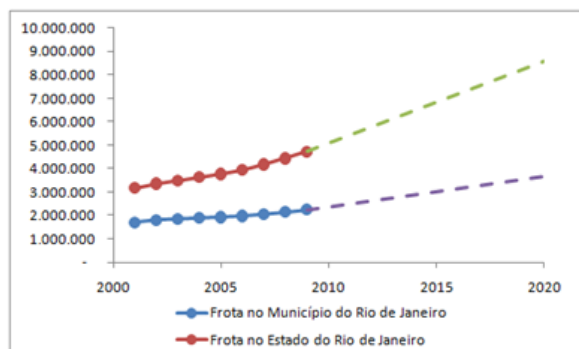


Figura 3. Projeção da frota no período 2010-2020

Aplicando-se a equação (6) às previsões do Plano Diretor de Transportes Urbanos (PDTU) para a frota ativa do Estado do Rio de Janeiro obtém-se a projeção da frota ativa na cidade do Rio de Janeiro (Fig. 3). Para o ano de 2020 é projetada uma frota de 3.649.895 unidades no Município do Rio de Janeiro o que corresponderá a cerca de 42% da frota do Estado. A redução da participação da frota carioca segue a tendência histórica decorrente do desenvolvimento econômico do interior do Estado.

O método *ai bi* também pode ser aplicado para repartir a projeção para o total da frota veicular do Rio de Janeiro entre os vários tipos de veículos, em particular para os automóveis, motocicletas, caminhonete, camioneta. A partir dos dados históricos das frotas destes veículos no município do Rio de Janeiro foram obtidas as seguintes equações de projeção:

$$Automóveis Município(t) = 0,64 \times Frota Município(t) + 336.538,32 \quad (7)$$

$$Motocicletas Município(t) = 0,19 \times Frota Município(t) + 235.030,19 \quad (8)$$

$$Camioneta Município(t) = 0,02 \times Frota Município(t) + 64.494,7 \quad (9)$$

$$Caminhonetes Município(t) = 0,07 \times Frota Município(t) + 109.030,19 \quad (10)$$

As projeções realizadas para o ano de 2020 indicam uma frota de 3.649.895 veículos no município do Rio de Janeiro, sendo 2.675.114 automóveis, 451.943 motocicletas, 157.095 camionetas e 148.663 caminhonetes.

No cálculo da demanda de energia elétrica foi considerado que os veículos leves e os caminhões pequenos percorram anualmente, em média, cerca de 8747 km e 17.364 km respectivamente (BORBA, 2008). Com base nas especificações do Palio Elétrico (bateria de 19,2 kWh e autonomia de 110 km) e do Caminhão Iveco Elétrico (bateria 3 x 21,2 kWh e autonomia de 100 km), ambos montados no Brasil, foram estimados os respectivos rendimentos  $110/19,2 = 5,73$  km/kWh e  $100/(3 \times 21,2) = 1,57$  km/kWh. Para as motocicletas elétricas foi considerado o mesmo rendimento do Palio elétrico. Com base nestas premissas foi projetado um consumo total de energia elétrica (MWh), segundo os cenários otimista (10%) e conservador (2%) para a participação do VE na frota nacional, conforme indicado nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Projeções do consumo de energia elétrica na frota veicular em 2020 (cenário otimista)

Veículo	Frota elétrica (10%)	Distância percorrida (km/ano)	Rendimento (km/kWh)	Consumo (MWh)
Automóvel	267.516	8.747	5,73	408.430
Motocicleta	45.194	8.747	5,73	69.000
Camioneta	15.710	17.364	1,57	173.488
Caminhonete	14.866	17.364	1,57	164.176
Total	343.286	52.222	---	815.094

Tabela 3 – Projeções do consumo de energia elétrica na frota veicular em 2020 (cenário conservador)

Veículo	Frota elétrica (2%)	Distância percorrida (km/ano)	Rendimento (km/kWh)	Consumo (MWh)
Automóvel	53.503	8.747	5,73	81.686
Motocicleta	9.039	8.747	5,73	13.800
Camioneta	3.142	17.364	1,57	34.698
Caminhonete	2.973	17.364	1,57	32.835
Total	68.657	52.222	---	163.019

No ano de 2010 o consumo de energia elétrica na cidade do Rio de Janeiro alcançou 14.510.275 MWh. Assim, no cenário conservador, a demanda por energia elétrica dos veículos elétricos em 2020 representa 1,12% do mercado de 2010, enquanto no cenário otimista alcança 5,62%. Naturalmente, no ano de 2020 a participação do VE no mercado atendido pela Light poderá ser ainda menor, pois o mercado

das demais classes de consumo aumentará ao longo da década 2011-2020. Portanto, até o final da próxima década a introdução do VE provavelmente não implicará em mudanças significativas na demanda por energia elétrica. A pressão sobre o mercado de energia elétrica será percebida a partir do ano 2020 com a maior difusão dos veículos elétricos.

## 7 CONCLUSÕES

A difusão do VE abre novas oportunidades de negócios para as distribuidoras de energia elétrica, em especial na recarga das baterias. A melhor forma de organizar este novo negócio ainda não está definida, porém não há dúvidas de que as distribuidoras de energia elétrica ocupam uma posição de destaque na estruturação do novo mercado, pois já operam redes de distribuição nas áreas urbanas por meio das quais se relacionam com uma enorme quantidade de clientes. As projeções para o ano de 2020 indicam que com poucos investimentos e sem que haja impacto significativo no consumo de energia é possível, mesmo assim, alcançar um faturamento da ordem de 52 milhões de reais com a venda de energia para os veículos elétricos, admitindo-se a tarifa residencial atual de 0,31769 R\$/kWh sem a incidência de PIS/COFINS e ICMS (Resolução ANEEL nº 1.085/10 de 3/11/2010) e o cenário conservador para o ingresso de VEs na região metropolitana do Rio de Janeiro. Adicionalmente, no cenário otimista o faturamento anual da venda de energia para os veículos elétricos alcançaria cerca de 260 milhões de reais.

## 8 REFERÊNCIAS

- BARBOSA, N.; OLIVEIRA, D. e SOUZA, J. A. P. (2010). Carro elétrico: desafio e oportunidades para o Brasil. **Cadernos Fórum Nacional 10 Estratégia de implantação do carro elétrico no Brasil**. Instituto Nacional de Altos Estudos, INAE. Rio de Janeiro.
- BOCCUZZI, C. V. e MELLO, J. C. O. (2009). A Energia do futuro: mercados de atacado e varejo se fundindo. **In: XX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**. Recife.
- BORBA, B. S. M. C. (2008). **Metodologia de regionalização do mercado de combustíveis automotivos no Brasil**. Dissertação de Mestrado, Planejamento Energético, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- BROWN, M.; ATHERTON, P. e LAWSON, J. (2009). All Hail the Electric Car but where Will plug them in? Citigroup. Disponível em <http://www.apve.pt/upload/docs/citi.pdf>.
- DEUTSCHE BANK (2009). The Peak Oil Market. Price dynamics at the end of the oil age. **Global Markets Research**. Oct.
- DOMINGUES, J. M. (2010). O Japão e o veículo elétrico: menos impostos. **Monitor Mercantil Digital**. Publicação 21/10/10. Disponível em <http://www.monitormercantil.com.br/mostranoticia.php?id=86600>
- MADEIRA, J. L. e SIMÕES C. C. S. (1972). Estimativas preliminares da População Urbana e Rural segundo Unidades da Federação de 1960 a 1980, por uma nova metodologia, **Revista Brasileira de Estatística**, 33, nº 129, pp 3 -11 jan./mar. Rio de Janeiro.
- PACCA, S. (2009). Veículos elétricos: uma esperança renovada de ganhos ambientais e econômicos para novos investidores em energia no Brasil. Disponível em: [http://146.164.33.61/termo/Motores/Trabalho%20motores/VE\\_UmaEsperancaRenovada.pdf](http://146.164.33.61/termo/Motores/Trabalho%20motores/VE_UmaEsperancaRenovada.pdf)
- PECORELLI PERES, L. A. (2011). Como a Empresa de Energia Elétrica Pode Participar na Implantação do VE. **In: II Workshop do P&D/Aneel/Light Metodologia de Planejamento e Análise para Implantação de Veículos Elétricos em Atividades de Transporte**. Rio de Janeiro.
- PHILIPON, P. (2010) **O futuro da mobilidade: rumo a uma mobilidade rodoviária sustentável**. Éditions Textuel. Paris.
- POMPERMAYER, F. M. (2010). Etanol e veículos elétricos: via de mão única ou dupla? **Cadernos Fórum Nacional 10, Estratégia de implantação do carro elétrico no Brasil**, Instituto Nacional de Altos Estudos, INAE. Rio de Janeiro.
- PORTER, M. E. (1986). **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 17ª edição. Editora Campus. Rio de Janeiro.
- SIQUEIRA DIAS, J. A.; FERREIRA, E. C. et al. (2007). Veículos elétricos de duas rodas no mercado brasileiro: benefícios e riscos. **VE 2007 - 5º Seminário e Exposição de Veículos Elétricos**. Rio de Janeiro.
- TOMIĆ, J.; KEMPTON, W. (2007). Using fleets of electric-drive vehicles for grid support. **Journal of Power Sources**, 168, pp. 459–468.
- WEBSTER, R. (1999). Can the electricity distribution network cope with an influx of electric vehicles? **Journal of Power Sources**, 80, pp. 217–225.
- WOLF, R. (1999). **Le véhicule électrique gagne Le coeur de la ville**. 2e édition. Centre Français de L'électricité. Paris.