

Avaliação dos Benefícios Energéticos e Ambientais da Utilização de Veículos Elétricos de Pequeno Porte no Brasil

Luiz Artur Pecorelli Peres

Rafael Lourenço dos Santos

XI Congresso Brasileiro de Energia e I Seminário Brasileiro de
Inovação Tecnológica no Setor Energético

2006

Rio de Janeiro

Avaliação dos Benefícios Energéticos e Ambientais da Utilização de Veículos Elétricos de Pequeno Porte no Brasil

Autores:

Luiz Artur Pecorelli Peres, D. Sc. (lapp_uerj@yahoo.com.br)

Rafael Lourenço dos Santos (rlsantos@gmail.com)

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Endereço: Rua S. Francisco Xavier, 524 FEN / ELE, sala 5029 – A

Tel: (21)2587-7604

Resumo: Este trabalho tem por objetivo apresentar o processo de recarga de veículos elétricos de pequeno porte nas redes de baixa tensão. A crescente utilização deste tipo de veículo no Brasil faz necessária uma avaliação da sua demanda energética a fim de se analisar as oportunidades de mercado para as empresas distribuidoras. É apresentado um estudo de caso de uma área metropolitana constatando-se amplos benefícios energéticos e para o meio ambiente tendo em vista o emprego dos veículos elétricos considerados.

1 Introdução

Os veículos elétricos não rodoviários ou VENR estão se tornando um importante nicho de mercado, pois se adaptam a diversas aplicações. Eles são versáteis e podem ser usados em áreas restritas como supermercados, centros comerciais, aeroportos, hotéis, parques, hospitais, garagens, jardins botânicos e zoológicos, e em vários outros lugares. A principal razão desta vasta gama de aplicações se deve ao fato que este tipo de veículo é silencioso e não apresenta emissões atmosféricas ao serem utilizados. Sua autonomia atende aos requisitos mais comuns uma vez que o seu consumo de energia é reduzido graças à restrição para trafegar em baixas velocidades e acelerar suavemente.

As vendas de VENR no Brasil vêm crescendo de forma significativa e é possível afirmar que várias áreas dos centros metropolitanos possuem centenas em operação. Do ponto de vista da rede de distribuição de energia, este novo tipo de demanda é consequência do processo de recarga envolvendo um VENR. Por conta disto, faz-se importante analisar o seu desempenho operacional perante a rede de distribuição.

O item 2, que se segue, descreve as os VENR no que tange ao tipo, tensão e capacidade. A terceira parte trata dos fatores determinantes do fluxo de energia das baterias até às rodas de tração quando o veículo encontra-se em movimento. São também apresentadas as questões relativas ao fluxo de energia da rede de distribuição para a recarga das baterias.

Os impactos energéticos e ambientais são descritos na quarta e quintas partes considerando um grupo de VENR operando na mesma área urbana. A metodologia utilizada para avaliar os efeitos da recarga na curva de demanda diária considera o método originalmente desenvolvido por Rahman e Sheresta [1]. Os benefícios ambientais dos VENR são levados em conta supondo a substituição de um grupo de veículos a combustão interna, VCI, de tal forma a computar as emissões evitadas. No sexto item são apresentadas as conclusões do trabalho.

2 Uma Breve Descrição dos VENR no Brasil

Os VENR podem ser caracterizados como veículos que operam dentro de espaços restritos tanto ao tempo como em recintos edificados. Geralmente, trafegam com velocidades que variam entre 10 a 20 km/h. Há modelos que atingem de 30 a 40 km/h e atuam em áreas externas de velocidade limitada. A distância média diária percorrida é em torno de 40 a 50

km interrompidos com diversas paradas e acelerações. Para atender a esses requisitos, as tradicionais baterias tracionárias chumbo-ácidas são aplicáveis e capazes de prover os veículos com uma autonomia suficiente. Este texto focaliza os veículos de quatro rodas dotados de baterias chumbo-ácidas.

É importante destacar também que os VENR não precisam ser registrados em órgãos de trânsito e o seu condutor não necessita de habilitação especial para dirigi-los já que, estes veículos não trafegam em vias públicas. Estas características impõem algumas dificuldades para a obtenção de estatísticas confiáveis a respeito do número de veículos em circulação e da área geográfica a que eles atendem.

Os VENR são comercializados como aparelhos elétricos. No entanto, o consumo de energia da rede de distribuição não ocorre simultaneamente à sua utilização, mas após, isto é durante a recarga. Os carregadores de bateria são portáteis e disponibilizados para utilização na rede elétrica convencional de baixa tensão. Eles são, em geral, monofásicos, de potência nominal entre 2 a 4 kW, comparáveis, portanto, a um utensílio doméstico. Pelo fato de que a recarga, em geral, perdura de 5 a 9 horas, constata-se efeitos apreciáveis a serem estudados. Neste sentido, um dos propósitos deste trabalho é mostrar que estas características merecem uma atenção especial, já que o nível de utilização desses veículos vem aumentando e isto pode representar um montante adicional de vendas de energia considerável, sem necessitar de grandes investimentos para as empresas distribuidoras. De fato, a demanda energética diária de cada VENR pode chegar a 10 kWh. Uma vez que o processo de recarga ocorre, normalmente, no período noturno, isto permite às companhias de distribuição melhorar o fator de carga e o fator de potência. Outro aspecto favorável aos VENR é a estrutura da matriz energética brasileira. Como a geração hidroelétrica

representa cerca de 90% da geração total, isto torna o processo de recarga renovável e praticamente isento de emissões atmosféricas.

Atualmente constata-se uma expansão dos negócios relacionados com os VENR, tendo em vista a quantidade de aplicações, conforme, citadas a seguir:

- Transporte de carga em edifícios comerciais, indústrias, garagens, aeroportos, etc.
- Transporte de pessoas em parques, atividades turísticas e esportivas, hotéis, etc.
- Transporte de clientes em áreas de estacionamento e centros comerciais.
- Vigilância e patrulha de parques, praias, condomínios residenciais.
- Recreação.
- Transporte de lixo pelas administrações municipais em locais de difícil acesso.
- Transporte de bens em áreas de pedestres.

Alguns modelos têm sido desenvolvidos no Brasil de forma a atender aos requisitos mencionados acima. A Tabela 1 mostra um resumo das características técnicas dos VENR.

Tabela 1 – Dados dos VENR fabricados no Brasil

Fabricante	Número de modelos	Carga (kg)	Tensão nominal (V)	Capacidade da bateria (Ah)
A	5	> 800 kg	6 x 6 e 6 x 8	220 e 165
B	8			
C	8			

3 Demanda Energética

Do ponto de vista energético, um VENR pode ser visto como um equipamento com dois modos básicos de operação: em trânsito e em recarga. Estes dois processos determinam o consumo de energia total do veículo. O processo de descarga depende de como o veículo é utilizado, determinando assim o fluxo de energia das baterias para as rodas. A potência instantânea total requerida para tração pode ser calculada pela equação (1), cujo coeficiente K de resistência ao rolamento está apresentado em (2). A quantidade

de energia a ser reposta está relacionada com os percursos efetuados pelo veículo antes da recarga e vem indicada na equação (3).

$$P_T(t) = P_I + P_{RR} + P_{AD} + P_D \quad (1)$$

$$P_I = M_e \cdot a(t) \cdot v(t)$$

$$P_{RR} = K \cdot W_V \cdot g \cdot v(t) \cdot \cos(\theta(t))$$

$$P_{AD} = (\rho \cdot A_f \cdot C_d \cdot v(t)^3) / 2$$

$$P_D = W_V \cdot g \cdot v(t) \cdot \sin(\theta(t))$$

P_I, P_{RR}, P_{AD}, P_D - Potências para vencer a inércia, a resistência ao rolamento, a resistência aerodinâmica e a inclinação do terreno em Watt, respectivamente.

M_e - Massa equivalente em Kg, inclui a inércia rotacional e corresponde a 3% da massa do veículo ($M_e = 1,03 W_V$)

W_V - Massa do veículo em Kg

$a(t)$ - Aceleração do veículo em m/s^2

$v(t)$ - Velocidade do veículo m/s

K - Coeficiente de atrito relacionado com a resistência ao rolamento

g - Aceleração da gravidade em m/s^2

ρ - Densidade do ar em kg/m^3

A_f - Área frontal do veículo em m^2

C_d - Coeficiente de resistência aerodinâmica do veículo

θ - Ângulo da pista com o horizonte

t - Tempo em s

Por simplificação, não foram considerados os efeitos do vento em (1). O fator K pode ser calculado usando uma relação empírica em (2) como função da velocidade do veículo. Essa expressão não leva em conta as perdas nos rolamentos e transmissão das rodas, que foram considerados desprezíveis.

$$K = (0,013) \cdot \left(\frac{1 + v(t)^2}{1500} \right) \quad (2)$$

Durante um intervalo de tempo $t_j = t_2 - t_1$, em s, a energia consumida das baterias em kWh para cada veículo é:

$$w(t_j) = \left(\frac{1}{(36 \cdot 10^5 \cdot \eta_d)} \right) \cdot \int_{t_1}^{t_2} P_T(t) dt \quad (3)$$

η_d - Eficiência da bateria, motor e transmissão durante o processo de descarga.

Os requisitos de potência dos VENR estão relacionados com a forma com que o condutor do veículo dirige. As acelerações causam picos de potência e influenciam fortemente o primeiro termo em (1), P_I , relativo à parcela para vencer a inércia. No entanto, como a velocidade máxima dos VENR não é elevada e o tempo de aceleração não precisa ser curto, mesmo com um ciclo diário com grande número de partidas e paradas é possível obter um bom desempenho.

O consumo de energia de um VENR é mais reduzido quando este é equipado com frenagem regenerativa. Isto significa que uma quantidade de energia é devolvida à bateria durante as desacelerações. É possível também uma economia de energia nos declives, aproveitando-se a inércia do veículo e o funcionamento do motor elétrico como gerador.

O fluxo de energia da instalação elétrica de baixa tensão para as baterias caracteriza o segundo modo de operação, isto é, o processo de recarga.

A energia total necessária, E_C , correspondente à recarga de um grupo de veículos pode ser calculada com a expressão (4), em Wh. Conforme pode ser observado este cálculo é influenciado pela eficiência do sistema de recarga empregado η_{C_i} .

$$E_C = \left\{ \sum_{i=1}^{i=n} \frac{c_i \cdot V_i \cdot A_i \cdot DOD}{\eta_{C_i}} \right\} \quad (4)$$

n - Número de VENR

c_i - Número de módulos de baterias conectadas em série

V_i - Tensão de cada bateria em V

A_i - Capacidade da bateria em Ah

η_{C_i} - Eficiência global da bateria e do carregador

DOD - Profundidade de descarga das baterias em p.u.

Durante este processo, a demanda de energia ao longo do tempo é função do algoritmo de recarga utilizado pelo carregador. A Figura 1, representa um ciclo completo típico de recarga [1],[10].

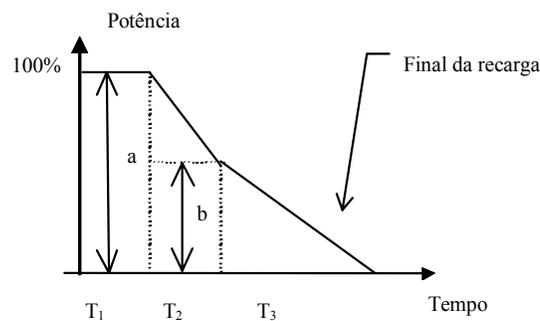


Figura 1 – Ciclo de recarga típico de baterias de veículos elétricos

O consumo de energia é obtido baseado nas propriedades geométricas da Figura 1. O terceiro período T_3 corresponde à uma área de aproximadamente 25% da área total do ciclo

de carga. Tanto T_1 quanto T_2 são iguais a 2 horas e o período restante T_3 é igual a 4 horas, resultando nas equações indicadas mais adiante na Tabela 3, cujos parâmetros a e b expressos em p.u. da energia total requerida para recarga estão indicados em (5).

$$a = 0.625/3 \quad b = 0.125 \quad (5)$$

Isto significa que uma recarga de 10 kWh corresponde a uma demanda inicial de 2,083 kW. Para ciclos de recarga mais rápidos, parâmetros maiores serão necessários.

As capacidades das baterias dos VENR são obtidas dos cálculos de potência e energia conforme (1) a (4) a fim de atingir critérios de projeto e ciclos de operação previamente estabelecidos. Em recentes relatórios e publicações técnicas de fabricantes de VENR [7], os dados do sistema de baterias são informados. Um resumo desses dados é apresentado na Tabela 2, levando em conta a Tabela 1 para veículos utilitários típicos. A energia diária e a demanda são apresentadas nas duas últimas colunas baseando-se em (4) e (5).

Tabela 2 - Energia diária demandada por um VENR

Dados nominais das baterias			Requisitos diários	
V	Ah	kWh	Energia kWh (a)	Demanda máxima
36/48	165 a 220	5.9 a 10.6	6.8 a 12.1	1.4 a 2.5

(a) $DOD = 80\%$ e $\eta_c = 70\%$ (valor conservativo); (b) Veja Fig. 1 demanda máxima = $0.625/3$ p.u.

4 Impactos Energéticos e Ambientais

Esta seção é dedicada a avaliar os impactos energéticos e ambientais de grupos de VENR atuando em uma área urbana. Como os VENR, em geral, atuam em um espaço geográfico fixo, é possível considerá-los sob a influência de um ramal do sistema de distribuição. Portanto, seu impacto corresponde à curva de demanda do processo de recarga. Os cálculos simulam mais realisticamente o início do processo de recarga supondo os veículos concertando-se à rede de forma não simultânea. A demanda de energia em p.u.

ao longo de 12 horas em função dos parâmetros a e b, conforme, (5) são apresentadas na Tabela 3 [1].

Tabela 3 – Impacto da recarga (p.u)

Horas	Equações de demanda	Demanda (p.u)
0	0	0,000
1	$a/4$	0,052
2	$a/2$	0,104
3	$(11/16) a + (1/16) b$	0,151
4	$(3/4) a + b/4$	0,188
5	$a/2 + (15/32) b$	0,163
6	$a/4 + (5/8) b$	0,130
7	$(1/16) a + (21/32) b$	0,095
8	$b/2$	0,063
9	$(9/32) b$	0,035
10	$b/8$	0,016
11	$b/32$	0,004
12	0	0,000

A Figura 2 mostra a curva de demanda com valores em p.u. A demanda máxima é 0,188 p.u. e ocorre 4 horas após o início do processo de recarga.

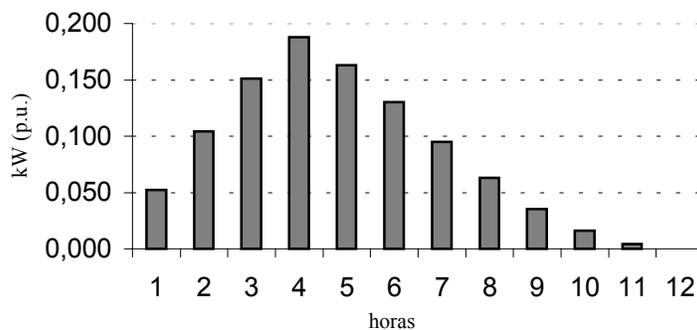


Figura 2 – Impacto da Recarga de VENR

Em geral, os impactos ambientais dos veículos elétricos são avaliados supondo a utilização de veículos a combustão interna, VCI, no lugar dos VENR. É esperado um benefício na qualidade do ar devido à poluição evitada. É suposta uma distância média diária percorrida por veículos utilitários de 40 km. A Tabela 4 mostra as emissões resultantes no escape caso se utilizasse veículos movidos à gasolina [3],[6].

Tabela 4 – Emissões diárias de veículos utilitários a gasolina

Poluentes(a)	g/km	kg/dia
HC	0,300	0,012
CO	2,000	0,080
NO _x	0,600	0,024
SO _x	(b)	0,006
MP	0,128	0,005
CO ₂	172,7	6,908
CH ₄	0,093	0,004

5 Estudo de Caso

As considerações desenvolvidas nas sessões anteriores são utilizadas para desenvolver um estudo de caso. Foi escolhida uma área urbana brasileira típica atendida por um alimentador [2]. Essa área consiste de 1345 residências, 50 estabelecimentos comerciais e 6 indústrias com um consumo mensal de 412 MWh. Dois níveis de penetração dos VENR, 5% e 10%, foram considerados tomando-se como referência o número total de consumidores. Foi adotado o valor intermediário na faixa de requisitos diários da Tabela 2 correspondente a um consumo específico para os VENR de 0,236 kWh/km, considerado conservativo. A Figura 3 e a Tabela 5 apresentam os efeitos da recarga dos grupos de VENR na curva de carga diária naquela área, com o processo de recarga iniciando às 20 horas e terminando às 8 horas do dia seguinte.

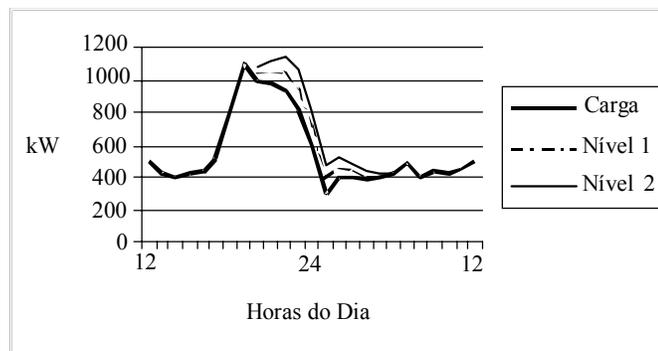


Figura 3 Efeitos da recarga de VENR na curva de carga diária (Nível = 5% e Nível 2 = 10%)

Tabela 5 – Impacto diário de carga devido à penetração de VENR

Descrição	Níveis de penetração	
	5% (70 VENR)	10% (140 VENR)
Consumo de energia dos VENR (kWh)	661,5	1323,0
Demanda máxima dos VENR (kW)	124,4	248,8
Demanda máxima da área (kW)	1100 (7:00 PM)	1139,8 (22:00 PM)

Obs.: A demanda máxima sem VENR, é igual a 1100 kW às 19 horas

A qualidade do ar tem uma considerável melhora com a utilização dos VENR no Brasil devido à estrutura de sua matriz energética. De fato, 90% da geração de energia se dá através de usinas hidroelétricas e mesmo com a introdução de um elevado percentual de unidades a gás natural em anos futuros, a composição dos modos de geração de energia elétrica se mostram favoráveis aos veículos elétricos [6]. A Tabela 6 mostra os gastos anuais com o fornecimento de energia para os VENR e de combustível para os VCI. Tanto os custos da energia quanto do combustível foram submetidos a uma análise onde variações de $\pm 15\%$ foram admitidas para ambos, com o objetivo de garantir maior robustez aos resultados finais.

Tabela 6 – Gastos anuais de energia e combustível com VENR e VCI

Nível de penetração	VENR		VCI	
	Energia (MWh)	US\$	Combustível (litros)	US\$
5%	241,45	20903 a 28381	127750	73753 a 99782
10%	482,90	41806 a 56561	255500	147505 a 199566

(a) Eficiência dos VCI de 0,125 l/km em baixas velocidades; (b) Custos da energia para consumidores residenciais iguais a 0,108520 US\$/kWh $\pm 15\%$; (c) Custo de combustível igual a 0,672 US\$/l $\pm 15\%$; ; (d) 1US\$=2,5R\$ (e) Custos de combustível e energia em Agosto/2001;

A economia neoclássica utilize a palavra *externalidade* para designar os impactos sociais fora das transações comerciais [11], [12]. A poluição do ar pelos VCI é um exemplo de externalidade que tem conseqüências danosas à saúde humana, especialmente às crianças e idosos. Dois conceitos são utilizados: o custo do dano e o custo de controle. O primeiro tenta expressar o impacto ambiental para a sociedade, enquanto o segundo, a

proteção ambiental necessária [11],[12]. Este trabalho lida com o primeiro conceito para avaliar o custo do dano causado pela utilização de VCI. A Tabela 8 mostra exemplo de cálculos para óxidos de nitrogênio, NO_x, óxidos de enxofre SO_x e matéria particulada, MP, em uma base anual [3],[6].

Tabela 7 - VCI Emissões anuais e custos dos danos

Poluentes	Níveis de penetração			
	5%		10%	
	kg/ano	Custos do Dano (US\$)	kg/ano	Custos do Dano (US\$)
NO _x	613,2	1711 a 8780	1226,4	3422 a 17561
SO _x	153,3	2020 a 8972	306,6	4041 a 17943
MP	127,8	2861 a 13181	255,5	5722 a 26362
Totais	-	6592 a 30933	-	13184 a 61866

Obs.: Custos dos danos em centavos de US\$/g [3], 0,279 a 1,4319 para NO_x, 1,318 a 5,8523 para SO_x e 2,2395 a 10,3179 para MP US\$ referidos a 1999

6 Conclusões

Este trabalho descreveu os modos de operação dos VENR e também um estudo para um nível de penetração de 5 e 10% em uma área metropolitana. Praticamente, a demanda máxima da área sob estudo não foi ultrapassada constatando-se apenas uma pequena elevação de 3,6% para o maior nível de penetração (10%). Para um nível de penetração intermediário igual a 5%, as vendas anuais de energia cresceram 58,6% sem nenhum impacto na demanda de carga diária. Esta última percentagem dobra para um nível de penetração de 10%.

Os custos anuais de energia anuais dos VENR são inferiores aos custos anuais de combustível dos VCI. Esta condição é confirmada mesmo quando as taxas de energia e combustível foram submetidas a variações de 15%. Nessa situação, os usuários dos VENR podem esperar economias em torno de 59,9%, mesmo levando em conta o custo máximo da

energia comparando-se com o custo mínimo de combustível. É interessante destacar que os preços dos VENR apesar de não serem atualmente inferiores aos dos VCI apresentam custos de manutenção menores que os similares a combustão interna. [13]. Essas duas vantagens, em geral, são suficientes, para compensar o preço mais alto e a substituição dos bancos de baterias dos VENR após aproximadamente 4 anos de operação [6],[13].

As externalidades dos VCI representam um dano monetário imposto ao ambiente devido à poluição do ar. Somente as emissões de três poluentes foram consideradas, resultando em um custo do dano anual que varia de US\$ 94 a US\$ 442. Isso mostra uma vantagem indubitável quando os VENR são comparados aos VCI assumindo que há uma política de preservação ambiental [6]. Acrescente-se que os veículos elétricos podem ser objeto de transações através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, MDL, preconizado pelo Tratado de Kyoto. Neste sentido, a substituição de frotas convencionais por veículos elétricos pode representar créditos de carbono negociados em bolsa, tendo em vista as emissões evitadas.

Os VENR oferecem atrativas oportunidades de negócio aos usuários, fabricantes e companhias de eletricidade. Um faturamento adicional é esperado sem a necessidade de investimentos imediatos na capacidade da rede. A melhora do fator de potência e de carga é consequência do processo de suprimento às baterias, que ocorre, em geral, à noite. Os custos operacionais com a recarga de VENR são pelo menos 50 % mais baratos que o de reabastecimento dos VCI.

Alguns passos e iniciativas indispensáveis são necessárias para tornar esses benefícios efetivos e viáveis. Campanhas de promoção educacionais e de saúde [16],[17] são desejáveis, no sentido de fazer com que a sociedade brasileira visualize os veículos elétricos, em geral, como um investimento de amplos benefícios econômicos e sociais. A

implantação de políticas públicas de incentivo aos VENR é um dos meios de garantir a maior penetração dos veículos elétricos e o desenvolvimento desta tecnologia no Brasil.

6 Referências

- [1] Rahman, S.; Sheresta, G. B. – *An Investigation into the Impact of Electric Vehicle Load on the Electric Utility Distribution System*, IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 8, No. 2, April, 1993.
- [2] Jardini, J. A.; Tahan, C. V. M.; Gouvea; M. R.; Ahn, S. U.; Figueiredo, F. M. – *Curvas de Cargas Típicas e Agregação dos Consumidores Residenciais, Comerciais e Industriais de Baixa Tensão*, 4º Encontro Luso-Afro-Brasileiro de Planejamento e Exploração, ELAB'99, Rio de Janeiro, Brasil, 1999.
- [3] Azuaga, Denise; - *Danos Ambientais Causados por Veículos Leves no Brasil*, Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, RJ, Brasil, 2000.
- [4] Chan, Marco, S. W.; Chau, K. T.; Chan, C. C. – *Modelling of Electric Vehicle Chargers*, Industrial Electronics Society, 1998. IECON'98. Proceedings of the 24th Conference of the IEEE, Volume: 1, 1998
- [5] Staats, P. T.; Grady, W. M.; Araposthatis, A.; Thallam, R. S. – *A Statistical Method for Predicting the Net Harmonics Currents Generated by a Concentration of Electric Vehicle Battery Chargers* - IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 12, No. 3, July, 1997.
- [6] Pecorelli Peres, L. A., *Avaliação dos Impactos Energéticos e Ambientais da Introdução dos Veículos Elétricos*, Tese de Doutorado, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, EFEI, MG, Brasil, 2000.
- [7] Klein, Gloria – *Industrial and Recreational EVs: Typical Battery Systems Ratings and Recharge Energy*; EPRI, FT-114521, 1999.
- [8] Agnew, C. E.; Marfisi, E. P.; Upton, C. W. – *The Impact of Electric Passenger Automobiles on Utility System Loads, 1985-2000*, Prepared for EPRI, Research Project 758-1, EPRI EA-623, Final Report; July, 1978.
- [9] Azevedo, Hélio R. T.; - *Simulação Digital de Desempenho de Veículos Híbridos Bateria/Motor de Combustão em Configuração Série*, Anais do Encontro Técnico sobre

Utilização de Veículos Elétricos, ELETROBRAS, Rio de Janeiro, RJ, Setembro de 1984.

- [10] Smith, G.; - *Storage Batteries*, London: Pitman Publishing Limited, 1980.
- [11] Bajay, Sergio Valdir; Berni, Mauro Donizetti - *Otimização da Demanda de Energia e da Emissão de Poluentes no Transporte Urbano: Estudo de Caso sobre a Cidade de Salvador*, II Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Campinas, SP, Brazil, Dezembro, 1994.
- [12] Ferreira, A. L.; Bajay, Sergio Valdir – *A Internalização de Custos ambientais e Sociais da Geração de Energia Elétrica: Experiência Internacional e Perspectiva para o Brasil*, III Congresso Latino- Americano Geração Transmissão de Energia Elétrica, Campos do Jordão, SP, Brasil, 1997.
- [13] Sandell, Lyla – *EV First Cost Mitigation Through Leasing* , Preparing for Takeoff, Vol 2, No. 2, EPRI Newsletter.
- [14] Sandell, Lyla – *Minimizing Harmonic Impacts from Electric Vehicle Charging Systems*, Preparing for Takeoff, Vol 2, No. 4, EPRI Newsletter.
- [15] Buchh, T. A.; Domijan Jr, A.; Song, Z.; Garcia P. – *Load Pattern Monitoring in Power Distribution System Feeding Electric Vehicles Loads*, International Journal of Power and Energy Systems, Vol. 19, No. 2, 1999.
- [16] LORA, E.S. *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte*. Brasília: ANEEL, 2000.
- [17] WHO (World Health Organization). *Guidelines for air quality*. Geneva, 1999.
- [18] Pecorelli Peres, Luiz A.; Horta, Luiz A. N.; Lambert Torres, Germano – *A Inserção do Veículo Elétrico no Planejamento Estratégico das Empresas de Energia*, VIII ERLAC, CIGRÉ, Ciudad del Este, Paraguay, 1999.
- [19] Murgel, Eduardo Mascarenhas; Szwarc, Alfred; Santos, M. D.; Branco, G. M.; Carvalho, Homero – *Inventário de Emissão Veicular Metodologia de Cálculo*, Engenharia Sanitária, Vol. 26, No. 3, Jul/ Set 1987.