

VII SIMPÓSIO DE ESPECIALISTAS EM PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO E EXPANSÃO ELÉTRICA

VII SYMPOSIUM OF SPECIALISTS IN ELECTRIC OPERATIONAL AND EXPANSION PLANNING

VII SEPOPE

21 a 26 de Maio de 2000

May - 21st to 26th - 2000 CURITIBA (PR) - BRASIL

PLANEJAMENTO DO SISTEMA COM A INCLUSÃO DOS NOVOS VEÍCULOS ELÉTRICOS E A GESTÃO AMBIENTAL

Luiz A. Pecorelli Peres (*)
Universidade do Estado do
Rio de Janeiro - UERJ
Brasil

Luiz A. Horta Nogueira.
Escola Federal de Engenharia de
Itajubá - EFEI
Brasil

Germano Lambert-Torres
Escola Federal de Engenharia de
Itajubá - EFEI
Brasil

1. SUMÁRIO

Este trabalho apresenta a questão dos veículos elétricos como carga a ser atendida pelas empresas de energia elétrica. Uma metodologia para a sua avaliação é aqui descrita. São enfatizadas as características não emissoras de poluentes para a atmosfera destes veículos e a expectativa do aumento das vendas de energia das empresas de eletricidade. Estes aspectos são cogitados como elementos para uma estratégia de gestão ambiental das empresas, ao incorporarem tais veículos, também, nas suas frotas.

PALAVRAS CHAVE

Planejamento, Meio Ambiente, Veículos Elétricos, Demanda, Transporte

2. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Os veículos elétricos, ou simplesmente VE's, representam uma importante conquista tecnológica em prol da sociedade. Em virtude de, em geral, não utilizarem processos de combustão interna para o seu acionamento, podem propiciar ganhos substanciais em termos de economia de combustíveis. Os avanços alcançados fizeram com que se encontrem disponíveis no mercado modelos comerciais de VE's, impondo, assim, a necessidade de se avaliar a sua inserção como meio de transporte. Há, conseqüentemente, o envolvimento da empresa de energia elétrica quando se considera a recarga das baterias dos VE's. Esta operação, além de representar possíveis acréscimos de faturamento traz consigo um outro atributo, cujos atrativos são importantes. De fato, há uma valorização da imagem corporativa das empresas que empregam veículos desta natureza em suas frotas, tendo em vista eles serem considerados como solução limpa, viável e

eficaz para os problemas de poluição atmosférica. No local onde atuam, não há emissões de substâncias nocivas para o meio ambiente, evitando assim diversos malefícios para a saúde humana. Juntam-se, ainda, a estes fatores, a vantagem dos VE's, serem pouquíssimo ruidosos tornando-os, por estes motivos, adequados para funcionarem em centros urbanos. Neste panorama torna-se oportuno o exame dos VE's como carga adicional a ser atendida. Com este objetivo, é apresentado neste trabalho alguns resultados da aplicação de uma metodologia que permite prever os impactos esperados na curva de demanda diária devido ao emprego destes veículos. Adicionalmente, são quantificados os benefícios, em termos do combustível que deixa de ser consumido e da emissão evitada de diversos poluentes atmosféricos. Este modelo coloca-se, então, como uma ferramenta de planejamento do sistema elétrico, em sintonia com o desenvolvimento sustentável, e que se propõe a subsidiar, ainda, o processo decisório de gestão ambiental. As características privilegiadas do parque gerador brasileiro, constituído por expressiva quantidade de usinas, na sua maioria, hidroelétricas e a não suficiência da produção de petróleo do país, que apresenta uma parcela superior a 50% deste insumo, destinada ao setor de transportes, motivaram em grande parte a elaboração deste trabalho.

3. EVOLUÇÃO DOS VE'S

Apesar do acionamento elétrico ter alcançado um patamar considerável de utilização em ferrovias, o mesmo não ocorreu no que tange a outros meios de transporte, cuja base vem se fundamentando no petróleo por quase um século. Contudo, mudanças são perceptíveis com a adoção do motor elétrico como forma de propulsão dos automóveis, estendendo-se esta

tecnologia para caminhões e ônibus. Universidades, centros de pesquisa, fabricantes, empresas de energia e órgãos governamentais dedicam boa parte dos seus recursos com os VE's, no sentido reverterem, não só as tendências crescentes de aumento da degradação atmosférica, como também na busca de maior eficiência energética..

Modernamente a história dos VE's se inicia por volta de 1960 quando uma maior percepção a respeito da degradação do ar, estimulou um interesse renovado por estes veículos. Nesta década, foi realizado em Phoenix, nos EUA, em 1969, o Primeiro Simpósio Internacional sobre Veículos Elétricos. Tanto o choque inicial do petróleo, como o que se sucedeu, fizeram com que diversos países se debruçassem na pesquisa e produção de VE's de melhor desempenho. Contudo, a crise do petróleo se desvaneceu antes que os carros elétricos pudessem firmar a sua utilização.

Na década de 80, novamente os problemas ambientais, associados a ultrapassagem dos padrões estabelecidos, quanto a qualidade do ar, tomaram ímpeto, visto que, não foram alcançados os resultados previstos. O agravamento dos desequilíbrios sobre o efeito estufa, motivou investigações quanto ao desenvolvimento de VE's de desempenho bem superior aos anteriores inaugurando assim o início de uma nova era para estes veículos .

Um fator importante neste processo decorreu do Ato da Câmara de Recursos do Ar da Califórnia, EUA, que determinou que a partir de 1998 uma porcentagem crescente das vendas futuras de veículos naquele estado, fossem de emissão nula. Somente na região de Los Angeles, 184 eletropostos estavam previstos para entrarem em operação, ao final daquele ano, [1]. Este empenho, não se trata de um fato isolado, pois, em vários países, percebe-se um esforço crescente visando o aprimoramento dos VE's e com isto a melhoria das condições ambientais.

No final de 1997, já se computava a existência, no centro Paris, de 21 eletropostos e mais 8 nos seus arredores.

O caminho seguido pela Itália é bem interessante de menção. As cidades de Livorno e Turim, contam com um estacionamento inter-trocas. Nestas duas cidades os cidadãos podem contribuir para o meio ambiente deixando seus VCI's estacionados em locais pré determinados para utilizarem VE's que estarão a sua disposição. Nestes locais estão instaladas infra-estruturas completas para a recarga dos VE's bem como para contabilização dos períodos de uso, através de cartões magnéticos pessoais. Devido ao sucesso destes empreendimentos, a prefeitura da cidade de Nápoles, com apoio do Ministério da Pesquisa Científica e um fabricante de veículos daquele país reservaram um local para uma experiência semelhante, na qual outras tecnologias veiculares também participarão.

No Brasil, entre os primeiros VE's utilizados, em maior escala, foram os de uma linha de ônibus, em 1918, no Rio de Janeiro. Um interesse maior por este tipo de veículo, surgiu muito depois, na época do segundo

choque do petróleo quando o país procurou reduzir as importações deste combustível. Foram marcantes as realizações do "I Seminário sobre Veículos Utilitários a Bateria", em São Paulo, em 1984, e o "Encontro Técnico sobre Utilização de Veículos Elétricos", no Rio de Janeiro no mesmo ano. Nesta oportunidade alguns dos trabalhos apresentados versaram sobre a avaliação do uso de VE's em companhias de eletricidade, pois estas haviam adquirido alguns modelos de carros e "vans" elétricos fabricados no Brasil. As conclusões deste encontro consideraram viável a utilização dos VE's no país, mediante o apoio das entidades governamentais, em conjunto com as indústrias, chamando a atenção da necessidade de reunir esforços, no sentido de firmar o uso dessa tecnologia pela sociedade.

Cabe assinalar que, em 1975, já havia sido criado o Próalcool, Programa Nacional do Alcool, e oito anos depois, em 1983, estava sendo fabricado o milionésimo carro brasileiro movido com este combustível. Este plano permitiu atenuar, nos anos 80, o crescimento da importação de petróleo, mostrando-se eficaz como um dos instrumentos para fazer face às dificuldades apontadas [2].

Após um período no qual as atividades voltadas para os VE's no Brasil se limitaram a iniciativas circunscritas ao âmbito das universidades [3], é interessante citar a experiência de divulgação dos VE's em Curitiba. Trata-se do Estacionamento Ecológico que atua de forma semelhante ao de Turim na Itália. Cooperaram neste empreendimento, a empresa de energia local, a prefeitura e um fabricante de automóveis que cedeu os VE's. Esta experiência começou a funcionar em 1997, após ter sido testada em Belo Horizonte, durante o Encontro das Américas, ocorrido em julho daquele ano. Estas realizações são em grande parte consequência do enorme esforço de pesquisadores e fabricantes. Somente, no período de 1990 a 1994 registrava-se o ingresso de 30 novos tipos de baterias automotivas. Num plano maior é indiscutível a influência dos preceitos do Desenvolvimento Sustentável procurando harmonizar as questões sociais, econômicas e do meio ambiente nos diversos acordos internacionais que vêm sendo celebrados.

4. ALGUMAS TENDÊNCIAS ATUAIS

O termo veículo elétrico encerra uma ampla gama de tipos e subtipos, cujas diferenças respondem por concepções, às vezes, bem diferentes entre si e que encontram-se em estágios distintos de desenvolvimento. Desta maneira, costuma-se incluir, entre os VE's, os chamados híbridos, os de célula combustível (fuel-cell vehicles) e os, exclusivamente, a bateria, objeto deste trabalho.

Os recentes progressos técnicos e os numerosos testes realizados credenciam tais veículos a atividade comercial, dispondo-se de modelos a venda que atendem perfeitamente a classificação como veículo de emissão nula, sendo os únicos desta natureza

considerados de tecnologia pronta [4; 5; 6]. As autonomias e o desempenho alcançados são perfeitamente compatíveis com as necessidades urbanas, mesmo dos grandes centros, face a utilização de baterias de alta densidade de potência e energia das quais podem ser citadas as de NiMH (hidreto-níquel metálico) [7]. Devido aos avanços tecnológicos conseguidos o Ministério da Indústria e Comércio Internacional do Japão fixou requisitos mínimos para os VE's fabricados neste país: autonomia de 250 km, velocidade de 120 km/h e vida das baterias não inferior a quatro anos [8]. Nestas condições, diversas empresas de eletricidade consideram tais automóveis uma oportunidade de aumento das suas vendas de energia. Visando subsidiar o planejamento destas empresas para suprir a recarga dos VE's, alguns desenvolvimentos matemáticos têm se mostrado consistentes [9; 10].

Um obstáculo com o qual estes VE's se deparam é quanto ao tempo de recarga, principalmente domiciliar, pois devido a menor capacidade dos circuitos prediais não é possível uma transferência de energia mais rápida. Este fato explica a tendência, pelos usuários, para a recarga noturna, enquanto repousam, o que naturalmente pode beneficiar a operação dos sistemas elétricos melhorando o fator de potência. Há, portanto, a possibilidade, com auxílio das técnicas de gerenciamento pelo lado da demanda, de se ampliar a capacidade de atendimento deste mercado [6]. Sendo assim, descontos tarifários fora do horário da ponta são oferecidos minimizando, portanto, os possíveis investimentos na rede elétrica. No sentido de exemplificar políticas empresariais desta natureza, são citadas a seguir, na Tabela 1, as tarifas oferecidas aos proprietários de VE's, por uma das empresas de distribuição do estado da Califórnia, nos EUA:

Tabela 1 – Tarifas Especiais para Recarga de VE's

Períodos e Tarifas(US\$/kWh)	Maio/ Out.	Nov/Abr.
“OnPeak”	12 – 20 h	0,32
“OffPeak”	5 – 12 h	0,07
	20 – 24 h	0,07
“Super Off Peak”	24 – 5 h	0,04

É interessante comentar que os carregadores portáteis de uso domiciliar são programáveis. Com isto os usuários podem escolher, previamente os horários de recarga mais convenientes. Sendo, assim, para que se tenha uma estimativa da opção pela tarifa mais baixa esta redundaria num ganho mensal da ordem de US\$53. Este cálculo admitiu uma distância média diária de 80 Km e um consumo de cerca de 0,25 kWh/km do VE, comparados com 10 Km/l do VCI (veículo a combustão interna) a um preço praticado, atualmente, na Califórnia, de 0,32 US\$/l de gasolina comum.

Tais VE's trazem oportunidades, ainda, para os chamados serviços ancilares. Neste caso o investimento e operação de eletropostos podem ser realizados através da iniciativa empreendedora de terceiros obedecendo-se as normas e regulamentações dos fabricantes e das

empresas de distribuição. Estes VE's são “limpos”, seguros, silenciosos e multi-energéticos no sentido de que utilizam as diversas formas de geração elétrica disponíveis na rede onde são recarregados.

Outro desafio revela-se quanto ao preço dos VE's, maior que o similar tradicional a combustão interna, já que os primeiros não contam com os ganhos de produção em grande escala. Dependendo do preço do combustível e da tarifa de energia esta diferença pode ser compensada, em um prazo razoável, pelo custo menor de manutenção e de operação dos VE's. Visando, entretanto, tornar também o preço inicial dos VE's mais acessível alguns autores [5; 11] vêm propondo estratégias com este objetivo.

Com base em um levantamento realizado em 1995 [12], levando em conta os VE's desenvolvidos por grandes fabricantes e corporações, foram obtidas equações simples que possibilitam estimar alguns dos principais parâmetros de desempenho e características técnicas dos veículos, conforme citadas, a seguir, onde foi mantida a simbologia original empregada pelo autor:

Potência de Tração Máxima em kW:

$$vkw = 0.0008 \times (vkg)^{1.6} + 3.86 \quad (1)$$

Peso do Conjunto de Baterias em Kg:

$$vbkg = 31 \times (vkg) / 100 \quad (2)$$

Capacidade de Energia das Baterias em kWh

:

$$vkwh = 19 \times (vkg) / 1000 \quad (3)$$

Onde:

vkw – potência em kW

vkg – peso total do veículo em kg (“curb mass”)

vkgs – peso total do veículo caso considerando a adição de uma carga de 160 kg

vbkg – peso do grupo de baterias em kg

vkwh – capacidade de energia das baterias em kWh

Observação: é sugerido adotar uma autonomia específica de 2 a 4 km/kWh, para um VE de cerca de 1100 kg.

5. O VE COMO TECNOLOGIA LIMPA E A IMAGEM VERDE DAS EMPRESAS

Trabalhos recentes enfatizam a gestão ambiental e a ISO 14000, como diferenciais competitivos da atuação administrativa das empresas[13]. Surge, assim, o conceito de tecnologia limpa e imagem verde. Observando-se os critérios a que remetem este conceito, constata-se que os atuais VE's possuem características suficientes de adequação para serem cogitados no estabelecimento das estratégias empresariais para o meio ambiente. Nestes termos é indiscutível a valorização da imagem corporativa de uma empresa pelo reconhecimento público de que a sua frota emprega veículos desta natureza. A contribuição para o meio

ambiente e o bem estar dos cidadãos faz com que estes se surpreendam agradavelmente com a ausência de ruídos e de emissões nocivas, estando claro que este tipo de reação poderá ser fruto das concepções utilizadas em “ecomarketing”, visando a promoção desta postura [14]. Neste ponto é válido citar um memorável trecho do noticiário jornalístico da cidade do Rio de Janeiro. Em 1918, quando o ciclo Otto ainda não havia se estabelecido como uma das formas principais de propulsão do século XX, jornais da época referiam-se de modo entusiasmado com os “*confortáveis ônibus de tração elétrica movidos a bateria, com rodas de borracha maciça, sem barulho, vibração, fumaça e os inconvenientes da gasolina*”. Tratava-se, na verdade, da linha de ônibus, recém inaugurada, que ligava o Palácio Monroe, demolido em 1978, à Praça Mauá, e operada pela antiga Light and Power Co. [15].

Enfocando-se a questão relativa a uma contrapartida em termos financeiros, envolvendo VE’s, inclusive, no que se refere ao “ecobusiness” é natural que hajam algumas dificuldades para as quais se necessita de uma sistematização dos determinantes da decisão de investir em gestão ambiental [16], aliada a uma dose considerável de criatividade. No caso da empresa de eletricidade é possível antever algumas vertentes. A primeira consiste no emprego de VE’s em sua frota. Além da imagem verde transmitida para o público, estes veículos serão reabastecidos com o próprio produto destas companhias, a eletricidade, o que resulta em uma economia de combustível mais robusta pelo fato de que os gastos operacionais com os VE’s, menores que os dos VCI’s, tendem a diminuir, ainda mais. Uma outra vertente é a do fornecimento de energia a recarga dos VE’s de consumidores, em geral, incluindo-se o fornecimento a eletropostos, o que proporciona, desta forma, acréscimos de faturamento. No sentido de serem ampliadas estas possibilidades identifica-se como viáveis a busca de parcerias com órgãos governamentais e com fabricantes, de VE’s, de tal forma, que se traduzam em uma redução de impostos e de preço destes veículos, na medida em que estes agentes são co-participantes da imagem verde.

Tabela 2- Custos Unitários de Poluição
(US\$ $\times 10^3$ /t)

Poluentes	Custo (Controle)	Custo (Dano)
HC	17,5	6,9
NO _x	24,5	14,7
SO _x	18,3	8,5
MP	5,3	4,6

Notas: As siglas empregadas significam, HC, hidrocarbonetos, NO_x, óxidos de nitrogênio e SO_x óxidos de enxofre e MP, material particulado.

Este assunto tem sido objeto de importantes discussões no meio técnico científico [17], em virtude de ser complexa a inclusão das chamadas *externalidades* [18] no preço dos VCI’s, o que certamente tornaria mais

competitivos os VE’s. Esforços neste sentido vem sendo desenvolvidos através de duas metodologias: uma do custo do controle da poluição e a outra do custo do dano evitado [17]. Na Tabela 2 são apontados alguns dos valores atribuídos ao custo das emissões por organismos de proteção ambiental dos EUA, no que se refere a projetos de geração.

É interessante notar a utilização mais intensa, mesmo em cidades brasileiras, de VE’s em passeios turísticos, “campings”, condomínios residenciais, parques, zoológicos, “shoppings”, estádios desportivos, aeroportos e campos de golfe. Tratam-se de emergentes “negócios verdes” constituídos por empresas que se dedicam a vender e alugar VE’s para atuarem em locais como estes, onde a consciência ambiental dos cidadãos está cada vez está mais atenta.

6. SUBSÍDIOS DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS

No intuito de propor alguns procedimentos para o exame das questões levantadas, foi desenvolvido um modelo de natureza aleatória, que leva em conta a diversidade do início da recarga pelos usuários dos VE’s e que pode considerar também o estado prévio das baterias, isto é, a quantidade de energia utilizada, anteriormente, já que nem todos os usuários percorrerão as mesmas distâncias. Para isto, foi elaborado um algoritmo e inserido em um processo de simulação, que leva em conta as curvas de densidade de probabilidade, supondo-se que os eventos, horário de recarga e percurso realizado, possam ser tratados de maneira independente.

Considerando-se a tensão nominal de 220 V, para os recarregadores, foram avaliadas a demanda máxima e a energia fornecidas para restabelecer a carga normal das baterias de um grupo de 10000 VE’s atuando em um centro urbano. Numa primeira hipótese, de referência, para efeito de comparação, pode-se tomar a energia a ser fornecida às baterias de um VE, de passeio, como sendo, da ordem de 24 kWh, e assumir este valor para a energia associada ao processo. Este número supõe que todos os usuários não ultrapassem uma utilização, mais acentuada, próxima a 80% da capacidade das baterias [19].

Tabela 3 - Demanda Máxima e Energia dos VE’s

Hipóteses	Energia Diária (kWh)	Recarga (h)	Carga Máx. VE (kW)	Carga Máx. Grupo (MW)	Energia Grupo (MWh)
Recarga de 80%	24	5	5,2	52	240
Recarga (Dist. Média)	14	5	3,0	30	140
Início e Estado Bateria	Aleat.	Aleat.	6	11	132

Uma segunda hipótese, seria tomar a distância média percorrida pelos veículos nos centros urbanos, algo em

torno de 55 km, e a energia específica para recarregamento dos carros elétricos de passeio, como sendo igual a 0,25 kWh/km [20], o que redundaria, em um valor médio para a energia, aproximadamente, igual a 14 kWh.

Para complementar as condições hipotéticas estabelecidas, foi examinada uma duração de recarga plena em 5 horas. A Tabela 3 permite apreciar a comparação das situações descritas e os resultados, em termos de demanda máxima e da energia total suprida para o recarregamento dos VE's:

Os cálculos, cujos resultados vêm resumidos na Tabela 3, apresentam diferenças significativas, 22 MW, entre o valor de referência, 52 MW, para a recarga de 80%, e aquele correspondente à recarga pela distância média, 30 MW, respectivamente. Além disso, a energia é bastante afetada, pois resultou numa variação de 100 MWh. Com base nas potências envolvidas, no processo de recarga, constata-se que as correntes individuais não ultrapassariam cerca de 28 A. Verifica-se que as estimativas obtidas, dessa forma, servem como um indício para a busca de um equacionamento mais aprofundado do problema, visando contemplar outros fatores na potência e energia a serem supridas pelos sistemas de distribuição de um centro urbano no processo de recarregamento dos VE's. Com efeito as condições aleatórias são constatadas pela indicação da demanda máxima requerida para suprir os VE's considerados, conforme apresentados na terceira linha da Tabela 3, valor este, que não ultrapassou a 11 MW, com ocorrência às 23 horas, e uma energia total contabilizada no processo de cerca de 132 MWh, já que o processo de recarga, é disperso ao longo das 24 horas. Este exemplo é representativo das possibilidades com que os desenvolvimentos descritos podem contribuir para as análises, visando estudar a inserção do VE's no mercado.

Os cálculos realizados dão ensejo a obtenção de outras condições energéticas diárias esperadas, decorrentes do caso em estudo. Sendo, assim, o modelo desenvolvido pode avaliar o perfil das gerações para atender as necessidades energéticas de suprimento a recarga dos VE's considerados. A Tabela 4 apresenta estes valores para condições similares aos tipos de usinas brasileiras.

Tabela 4. Parcela da Energia Gerada por Tipo de Usina

Tipo de Usina	Percentual	Energia (MWh)
Óleo	0,67	0,95
Carvão	1,91	2,72
Gás-Natural	0,13	0,19
Nuclear	1,01	1,44
Hidráulica	96,28	137,17

A substituição de VCI's por VE's equivalentes, permite a determinação da quantidade de consumo de combustível evitada, admitindo-se um desempenho de 12 km/litro para os VCI's. Com base nestes cálculos, resulta um balanço final que apresenta uma economia esperada de combustível diária, da ordem de 37 tep,

representando um deslocamento de uso da energia do petróleo para a modalidade elétrica, em torno de 97%.

Adicionalmente, com base no valor esperado da distância total percorrida pelos VE's, são então determinadas algumas emissões que deixariam de ocorrer, calculadas para o tubo de descarga dos VCI's, utilizando-se fatores típicos da frota brasileira, na qual emprega-se o "gasol" (adição de etanol anidro na gasolina, segundo um percentual pré-fixado), conforme, Tabela 5.

Tabela 5 - Emissões Diárias Evitadas (toneladas)

CO	HC	NO _x	CO ₂	Metano
2,145	0,274	0,274	94,437	0,055

Notas: As siglas empregadas significam, respectivamente, monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono.

É interessante verificar que a penetração do grupo de VE's considerado, evitaria um consumo anual equivalente a 13505 tep. Além disto, não seriam emitidos cerca de 34500 t de CO₂ e 20 t de metano, cujas relações com o efeito estufa são bastante estreitas. As outras emissões, de caráter regional alcançariam, nas mesmas bases, 783 t de CO, 100t de HC e de NO_x, respectivamente.

7. CONCLUSÕES

A apreciação das questões apresentadas e do exemplo descrito permitem perceber o potencial de atratividade dos VE's, para serem inclusos no estabelecimento e implantação de uma política de gestão ambiental. Particularmente, no Brasil, a grande proporção de energia de origem hidráulica resulta em valores pouco significativos para as emissões que seriam provenientes das usinas térmicas a óleo, carvão e gás natural, ampliando, desta maneira, as vantagens do emprego dos VE's. É desejável, portanto, o aprofundamento das análises em curso, de tal forma que se possa examinar cenários efetivos das áreas metropolitanas existentes no país.

Foi discutida, também, a necessidade de se dispor de ferramentas mais adequadas para averiguar as conseqüências da penetração dos VE,s junto ao público, no que diz respeito a demanda e a energia necessárias para suprirem o recarregamento, a nível diário, das suas baterias. Neste sentido, mostrou-se expressiva a influência de alguns aspectos de natureza aleatória no processo de recarga das baterias, em especial o horário de início de recarga e o seu estado prévio, conforme, constatou-se no caso examinado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] RIENZMAN, Michael J., *Engineering the EV Future*, IEEE Spectrum, Nov. e Dez., 1998.

- [2] RIBEIRO, Suzana Kahn.. *O Alcool e o Aquecimento Global*, Rio de Janeiro, CNI, COINFRA, 1997
- [3] BOTTURA, Celso P., BARRETO, Gilmar, *Veículos Elétricos*, 1ª ed., Campinas: UNICAMP, 1989.
- [4] DE LUCHI, Mark, WANG, Quanlu, SPERLING, Daniel *Electric Vehicles: Performance, Life Cycle Costs, Emissions and Recharging Requirements*, Transpn. Res., Vol 23a, No. 3, 1989, pág. 255-278.
- [5] FORD, Andrew. *Electric Vehicles and the Electric Utility Company*, Energy Policy, no 22(7), 1994, pág. 555-570.
- [6] FORD, Andrew, *The Impacts of Large Scale Use of Electric Vehicles in Southern California*, Energy Buildings, Vol. 22, NO 3, August, 1995, pág. 207-218.
- [7] STEMPLER, Robert C., OVSHINSKY, Stanford R., GIFFORD, Paul R., CORRIGAN, Dennis A, *Nickel-Metal Hydride: Ready for Service*, IEEE Spectrum, November, 1998.
- [8] IEA, *Electric Vehicles: Technology Performance and Potential*, 1993.
- [9] RAHMAN, S., SHRESTA, G. B, *An Investigation into The Impact of Electric Vehicle Load on the Electric Utility Distribution System*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 8, NO 2, April 1993, pág. 591-597
- [10] PECORELLI PERES, Luiz A., HORTA, Luiz A. N., LAMBERT TORRES, Germano, *Electric Vehicle Impacts on Daily Load Curves and Environment*, IEEE Power Tech. Conference, Budapeste, Hungria, Agosto/Setembro , 1999.
- [11] 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, Paraguai, Junho de 1999.
- [12] WYCZALEK, Floyd, *A Ultra Light Electric Vehicle (EV)*, Journal of Circuits, Systems and Computers, Vol 5, No 1, 1995, pág. 81-91.
- [13] FURTADO, R. Cavalcanti e FURTADO, M. F. G., *A Empresa Contemporânea e a Gestão Ambiental*; VIII ERLAC, CIGRÉ, Ciudad del Este, Paraguai, Junho de 1999.
- [14] BELLEN, Hans M. V.; ZAMPIERI, Luiz A.; KARNAUKHOVA, E.; PEREIRA, Regina P.; PURNHAGEN, R. H.; *A Implementação do S.G.A. e a Imagem Pública das Empresas: Exploração de uma Nova Imagem Ambiental*, XIX ENGEPE, Rio de Janeiro, 01 a 04 de Novembro de 1999
- [15] LightRio – Acervo Histórico
- [15] DARÓS, Luis L.; SEABRA, Fernando, *Determinantes da Decisão de Investir em Gestão Ambiental: Uma Tentativa de Sistematização*, XIX ENGEPE, Rio de Janeiro, 01 a 04 de Novembro de 1999
- [17] FERREIRA, André Luis; 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
- [18] HWANG, Roland J., *Políticas para a Redução dos Custos Sociais no Setor Transporte*, Seminário de Perspectivas do Álcool Combustível no Brasil, São Paulo, 1996.
- [19] HELTON, Robert A. *Electric Vehicles Load Management Issues*, EPRI, 1996.
- [20] RICE, Richard E. ; WEINREB, Manfred, *Guidelines for EV Load Forecasting*, EPRI, 1996
- [21] MME, Balanço de Energia do Brasil, 1998.