

## VIII ENCUESTRO REGIONAL LATINO AMERICANO DE LA CIGRÉ

### VIII ENCONTRO REGIONAL LATINO-AMERICANO DA CIGRÉ

CIUDAD DEL ESTE – PARAGUAY 30 de MAYO AL 03 de JUNIO de 1999

CE 37- 33

#### A INSERÇÃO DO VEÍCULO ELÉTRICO NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DAS EMPRESAS DE ENERGIA

Luiz Artur Pecorelli Peres (\*)  
Univ. do Est. do Rio de Janeiro  
UERJ

Germano Lambert Torres  
Escola Fed. de Eng. de Itajuba  
EFEI

Luiz Augusto Horta Nogueira  
Escola Fed. de Eng. de Itajuba  
EFEI

#### RESUMO

Motivado pelas perspectivas favoráveis dos veículos elétricos, decorrente de seu desenvolvimento tecnológico recente, é sugerido neste trabalho que se inclua este assunto na elaboração do planejamento estratégico das empresas de energia. As possibilidades de maior faturamento aliadas a uma efetiva redução de emissões prejudiciais na atmosfera, bem como, do consumo de combustíveis, estabelecem argumentos com potencial suficiente de atratividade para que estas questões sejam examinadas mais profundamente. Procura-se, portanto, neste trabalho apresentar subsídios conceituais e metodológicos às análises nas quais são consideradas estes novos e importantes consumidores atuando futuramente de forma intensa no mercado.

Palavras-Chave: veículo elétrico, planejamento, sistemas de potência, meio ambiente, transporte

#### 1.0 INTRODUÇÃO

Um marco expressivo do início desta década é a consolidação da bio-ética global. Decorridos quase dez anos da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, emerge uma nova realidade com muitas empresas passando a assumir uma maior responsabilidade ambiental. Em certos casos extremos, a ausência deste compromisso tornou-se uma ameaça concreta à própria sobrevivência de alguns empreendimentos, seja porque esbarrariam em normas e regulamentos, ou porque ao contrariarem o bem comum atingiriam, de forma danosa, os eco-sistemas, com grande repercussão junto ao público. Há, indiscutivelmente, na atualidade, uma consciência das implicações ambientais nas atividades econômicas, tornando-se, assim, num aspecto proeminente da missão das organizações. Além disto, o meio ambiente é também, uma das mais promissoras oportunidades de negócio.

Nestas circunstâncias, a atuação governamental, principalmente, as prefeituras, preocupam-se em

transmitir ao público a eficácia com que os recursos da sociedade são aplicados em prol das condições socio-ambientais. Este cenário estimula a discussão do veículo elétrico, ou, simplesmente, VE, pelo planejamento estratégico das empresas de energia, o qual possui um vínculo óbvio com o setor de transportes municipal. De fato, o veículo elétrico não se trata mais de um mero entusiasmo científico. Este assunto já transcedeu o limite dos laboratórios das universidades e centros de pesquisa chegando às ruas de algumas cidades. Renomados fabricantes de carros convencionais somam-se a outros concorrentes do novo segmento. Pode-se dizer que a fase de desenvolvimento do produto foi ultrapassada estando à venda veículos elétricos de design próprio. Os modelos exibidos nas últimas exposições internacionais de automóveis vêm sendo considerados convincentes perante às exigências mercadológicas.

Os benefícios quantificáveis poderão ser bastante atrativos quando se pensa em termos de ações conjuntas que envolvessem a empresa, o município e o fabricante. Há uma expectativa da empresa de energia faturar mais, sem necessidade de investimentos de porte. Quanto às prefeituras, o menor gasto com combustível em consequência do uso de veículos elétricos, inclusive, com aqueles da sua própria frota, aliado a menor deterioração do meio ambiente, podem se traduzir em ingredientes propícios a uma iniciativa concreta neste sentido. Da parte dos fabricantes, como há o interesse quanto a penetração destes veículos no mercado é de se esperar que ofereçam condições vantajosas de financiamento e manutenção. Em termos macroeconômicos, evita-se a saída de divisas, em função de que muitos países, como o Brasil, não são autosuficientes em petróleo. Claro, que estas idéias merecem um trabalho interdisciplinar a cargo da criatividade, bom senso e competência dos planejadores para que seja quantificada a priori as dimensões de um projeto com estas características. Pesará de forma favorável nesta análise os elementos promocionais e educativos, de grande conteúdo ecológico agregáveis à imagem dos agentes

em pauta, tendo como tônica a inexistência de poluição atmosférica e sonora da parte deste meio de transporte.

Este trabalho procura examinar situações como a exemplificada, nas quais o veículo elétrico seja uma alternativa de maior faturamento para as companhias de eletricidade. Para isto, foi desenvolvido um modelo matemático de base probabilística que permite avaliar o impacto, em um dia típico, do recarregamento de um grupo de veículos desta natureza, na curva de demanda esperada da empresa. Esta peculiaridade possibilita determinar se existem margens suficientes no horário de ponta da área examinada, ou se é necessário, adotar-se alguma política de incentivos para a qual cabe o emprego das técnicas de gerência pelo lado da demanda. Quantifica-se também a energia a ser produzida, o volume de combustível que deixa de ser consumido e uma estimativa da emissão evitada, caso fossem utilizados veículos tradicionais, em situações equivalentes. Adicionalmente são discutidas as questões estratégicas e mercadológicas, consideradas de maior relevância.

## 2.0 EVOLUÇÃO E TENDÊNCIAS

Somente no período de 1992 a 1994, os fabricantes de automóveis na Europa, América do Norte e Japão introduziram mais do que trinta tipos de baterias para veículos elétricos [WYCZALEK, 1995]. Estes esforços tiveram como resultado o desenvolvimento de veículos comercializados em 1998, tais que a energia e a potência específicas das suas baterias apresentaram acréscimos, praticamente de 100%, estes parâmetros, se comparados com a década de 80 [STEMPLE, 1998].

A maioria dos VE's até então acionados com motores de corrente contínua, devido às suas inerentes características quanto ao controle de velocidade, começaram a incluir nos novos projetos, máquinas de indução, bem mais robustas e que propiciaram a elevação da velocidade de funcionamento, com potências específicas comparáveis às dos motores à combustão interna [BOTTURA, 1989; IEA, 1993].

Outro progresso relevante foi o entendimento por parte dos fabricantes e projetistas quanto a necessidade de se pensar no VE como um projeto especial. Nesta área houve avanços notáveis, encontrando-se modelos com coeficientes de resistência aerodinâmica bastante reduzidos, traduzindo-se em ganhos para o desempenho destes veículos. A existência de freios regenerativos, isto é, com aproveitamento da energia dissipada nas frenagens para recarregamento automático das baterias, somou-se a utilização de unidades de potência auxiliar, APU (auxiliar power unit), como é o caso dos ultracapacitores, o que pode beneficiar a capacidade brusca de variação da velocidade do VE. As exaustivas análises [WYCZALEK, 1995] no período citado, conduziram a uma organização sistemática do desempenho dos VE's, visto que, até então, os dados técnicos como aceleração e outros não eram exibidos de forma coerentemente comparáveis entre si. Estes estudos levaram em conta as características de tração e autonomia dos VE's e puderam constatar importantes melhoramentos, capazes de

reverter o ceticismo, até então vigente, quanto ao uso dos VE's. Além disto, o tempo de recarga foi objeto de reduções drásticas tornando possível retornar 90% da energia total das baterias, previamente descarregadas, em 17 minutos [JONES, 1997]. Devido à gasolina e ao óleo Diesel apresentarem os processos de combustão veicular mais prejudiciais, do ponto de vista da poluição atmosférica, há fortes razões para considerar em início de declínio o uso de VCI's, em centros urbanos, pelo menos na forma convencional com que se apresentam. A inércia inerente à mudança se deve a atuação do petróleo, o grande propulsor do século XX, que ao longo dos últimos cem anos reuniu uma formidável e eficaz infraestrutura de produção e distribuição. Entretanto, percebe-se que estão abertas novas perspectivas, para os VE's e outras alternativas veiculares, virem a ocupar lugares anteriormente considerados imutáveis. Neste cenário mais recente pode-se visualizar um panorama bem mais variado, quanto aos tipos de veículos que poderão conviver na sociedade, do que o anterior. Diversos estudos e pesquisas indicam que parcelas significativas de VE's apresentam condições de penetrarem de forma gradual no mercado [DE LUCHI, 1989 e KURANI, 1996]. As normas ambientais, em profunda mutação, alicerçadas por novas disciplinas, como a do Direito Ambiental [SÁ e CARRERA, 1999], e a miríade de situações energéticas, objeto de permanente avanço tecnológico, acabam por sinalizar os rumos para os quais são desejáveis maiores investigações e análises.

## 3.0 PANORAMA DOS PRINCIPAIS AGENTES ENVOLVIDOS COM A UTILIZAÇÃO DOS VE's

Ao se tentar uma organização das idéias a respeito deste tema, o panorama que se visualiza pode ser esboçado pela participação de agentes, cujos atributos fazem parte da lógica do sistema que se estabelece ao se considerar a introdução dos VE's junto ao público. Com esta ótica poderia-se de início, destacar alguns macro aspectos, aqui denominados de *provocadores* e *oportunos*, respectivamente, conforme enumerados, em seguida, tendo em vista a utilização de VE's em centros urbanos do Brasil.

### Aspectos Provocadores:

- Compromisso Internacionais Relacionados Com o Meio Ambiente
- Regulamentos Quanto aos Limites de Emissões
- Diminuição da Importação e Consumo de Combustíveis

### Aspectos Oportunos:

- Renovação da Tecnologia dos VE's Com Potencial de Penetração no Mercado
- Geração de Energia Elétrica Majoritariamente de Origem Hidráulica no Brasil

A estes aspectos podem ser adicionados alguns fatos. Segundo o Balanço Energético, publicado pelo MME (Ministério de Minas e Energia), no Brasil, o setor de transporte absorve, praticamente, metade do petróleo consumido, que apresenta por sua vez um grau de dependência da ordem de 46%. Contrastando, a energia elétrica destinada àquele setor não chega a 1%, com um

grau dependência próximo a 12%. O setor de transporte é também responsável por 30% das emissões de CO<sub>2</sub>, estas relacionadas com o efeito estufa que possui repercussão a nível global [RIBEIRO, 1997].

Passando-se agora, para os agentes envolvidos com o uso de VE's, é possível identificar três grupos de inter-relacionamento. No primeiro grupo estão presentes as relações entre os fabricantes de veículos, a empresa distribuidora de energia elétrica e o mercado consumidor. No segundo grupo, situam-se os setores governamentais, regulamentadores e fiscalizadores do meio ambiente e dos transportes. Juntam-se a estes, neste mesmo grupo, os organismos independentes e promotores do bem estar da sociedade. Completando este cenário, observam-se, no terceiro grupo, as universidades, os órgãos de pesquisa e as empresas de consultoria, que através da produção científica e elaboração de estudos propiciam a fundamentação conceitual, os métodos e a tecnologia de ponta aos agentes envolvidos.

A Figura 1 procura ilustrar este inter-relacionamento entre os agentes citados. As linhas mais escuras enfatizam as relações que alicerçam este quadro, constituídas pelos elos, fabricante - mercado e empresa de energia - mercado. Quanto as outras linhas consistem, assim por dizer, as relações estruturais do processo, cuja arquitetura é objeto de permanente mutação ao procurarem atender de forma consistente e harmônica os anseios mercadológicos, econômicos e sociais, de acordo, com as diretrizes do Desenvolvimento Sustentado.

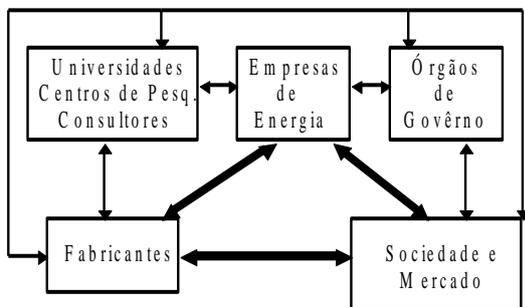


Figura 1

#### 4.0 ALGUMAS QUESTÕES RELATIVAS A INSERÇÃO DOS VE's

Com base no panorama de inter-relações dos principais agentes envolvidos com a utilização do VE's, constata-se que a ligação física entre as empresas de energia e os usuários são os retificadores. Por meio deles se estabelece o fluxo de energia que possibilitará os acréscimos no faturamento. Merece ser observado, a este respeito, que numa fase inicial de implantação deste processo, a grande maioria dos usuários deverá contar com retificadores portáteis de uso domiciliar, no próprio veículo.

Agregada a uma maior venda de energia, há a perspectiva de melhoria do fator de carga, visto a preferência, em geral, dos usuários pelo horário noturno para recarregamento das

baterias dos VE's.. Um benefício adicional, também, é esperado para a imagem corporativa da empresa. De fato, ela estará propiciando um serviço de alto retorno para a sociedade, pois contribui de modo sensível para melhoria da qualidade de vida dos centros urbanos.

Na medida em que estes pontos sejam considerados satisfatórios caberá, então, o início das ações empresariais. Muitos quesitos podem, então, ser suscitados. Considera-se primordial, entretanto, numa primeira etapa, que se consiga verificar a quantidade de VE's que podem ser atendidos pela empresa de energia, sem que sejam necessárias alterações no planejamento disponível da expansão da rede e tomar esta condição como o caso de referência. Através da avaliação dos cenários visualizados torna-se possível a caracterização da capacidade dos VE's, como opção estratégica. Índices do tipo, faturamento em relação ao capital investido, ambos estimados no mesmo período de tempo, são válidos de serem calculados para efeito de comparação com outras alternativas. A importância desta análise permite um exame cauteloso e necessário do novo empreendimento, no sentido de serem estabelecidas as suas diretrizes. Além disto, cabe, em seguida, a indagação quanto ao acomodamento da energia para recarga dos VE's nos períodos de menor intensidade da curva de demanda da empresa, o que poderá resultar na necessidade de algum gerenciamento da mesma, supondo-se respondidas as questões básicas aqui discutidas.

De forma similar, da parte das áreas de meio ambiente da administração governamental, é preciso saber o grau de redução dos níveis de emissão que poderão ser alcançados nas áreas urbanas, com a introdução dos VE's, no sentido de estabelecer alguma classe de incentivos. Normalmente, estes são traduzidos, pela redução de taxas e impostos decorrentes da quantificação dos benefícios econômicos e sociais a serem obtidos. Tal avaliação, em alguns casos, tem sido elaborada tomando como referencial os investimentos que seriam necessários para a mesma redução dos efeitos poluidores, sem que houvesse a penetração de VE's no mercado [FORD, 1994]. Esta questão exige uma análise mais profunda devido as diversas esferas de tributação, federal, estadual e municipal. Associada a esfera federal estará um aspecto relevante: a introdução dos VE's, conduz a uma redução de consumo de combustíveis, isto é, a energia proveniente da queima da gasolina, por exemplo, estará sendo deslocada pelo uso da energia elétrica em seu lugar, esta eminentemente de origem hidráulica, no caso brasileiro. Neste contexto, descortina-se, portanto, uma extensa gama de possibilidades, tanto a nível da produção como da comercialização dos VE's.

A experiência das implicações quanto ao ingresso dos VE's, junto ao público, a despeito destas amplas perspectivas aqui descritas, esbarra, entretanto, em algumas dificuldades. Mesmo imaginando-se que o consumidor esteja disposto a uma mudança, optando pelo VE, ao menos, como segundo veículo familiar, há um aspecto que pode se constituir num desafio importante. O preço inicial do VE é, ainda superior ao de um VCI de características similares. Este é um ponto que vem dando margem a intensos e variados debates

[DeLUCI, 1989; IEA, 1993; FORD, 1994]. Geralmente, os motivos alegados incidem sobre os custos das baterias e os custos de fabricação. Estes últimos são notórios em virtude dos VE's não conseguirem embutir os ganhos de escala de produção, comparativamente aos VCI's, resultando, assim, em acréscimos nos valores unitários de cada veículo. Diversos estudos analisaram esta questão, [EPRI, 1978, DeLUCI, 1989, IEA, 1993]. Constata-se, todavia, que um dos pontos fortes dos VE's, sob o ponto de vista do usuário, ocorre no médio prazo. Há uma economia operacional pelo fato da energia elétrica, na grande maioria dos países ser menor que a metade das despesas com combustível, consideradas as mesmas distância percorridas. Acrescenta-se a expectativa de custos de manutenção mais reduzidos e de uma vida útil mais longa. Ao se levar em conta a capitalização destes fatores, o custo unitário do VE (life-cycle cost), em US\$/Km, pode, praticamente empatar com o dos VCI's [DeLuCHI, 1989; IEA, 1993]. Deve ser assinalado, porém, que estas estimativas são sensíveis ao preço do petróleo, da eletricidade e aos avanços de desempenho dos VCI's e dos novos VE's.

Vários argumentos costumam ser acrescentados aos que foram discutidos. Um deles refere-se aos estudos elaborados pelo Congresso dos EUA (Office of Technology Assessment), que estimaram os custos econômicos para a sociedade, em termos de faltas ao trabalho, de doenças, de mortalidade, e outras, causados pela poluição atmosférica. Tais custos poderiam alcançar a cifra de 256 bilhões de dólares, somente, naquele país, no ano de 1990. Estas externalidades são então entendidas como "subsídios" ao preço efetivamente pago por um VCI, dando origem a sugerir que sejam atribuídas compensações ou penalizações pelo seu uso [HWANG, 1996].

## 5.0 PROPOSTAS ÀS QUESTÕES LEVANTADAS

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 típicas [EPRI, 1978], supondo-se que os eventos, horário de recarga e percurso realizado, possam ser tratados de maneira independente.

Considerando-se, então, por exemplo, que a tensão nominal de funcionamento dos recarregadores é, em geral, de 220 V, foram avaliadas a demanda máxima e a energia fornecidas para restabelecer a carga normal das baterias de um grupo de VE's de um centro urbano. Adotou-se, então, uma penetração mercadológica anual de 2%, semelhante a regulamentação da CARB, no mercado de vendas de uma região metropolitana como a da cidade de São Paulo, no Brasil. Com isto, chegaria-se a um número próximo de 10000 VE's [ANFAVEA, 1998]. Numa primeira hipótese, de referência, para efeito de comparação, pode-se tomar a

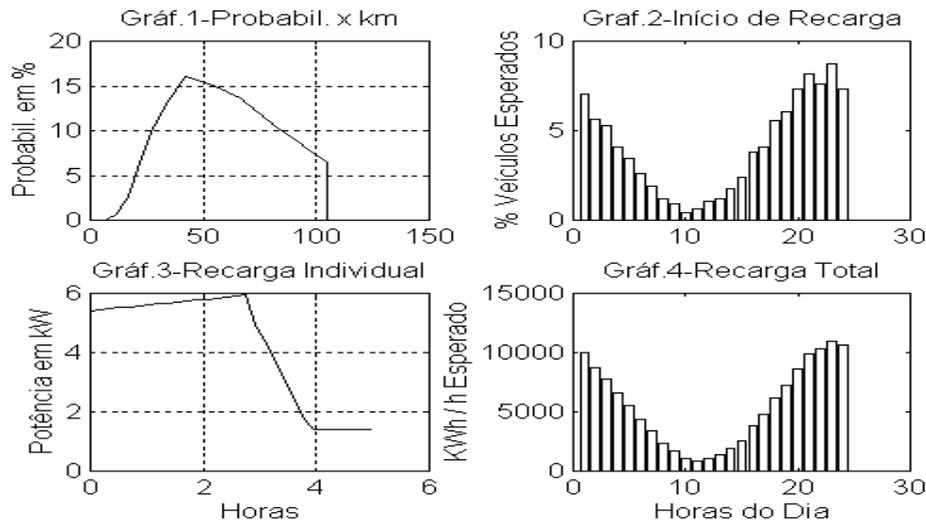
energia a ser fornecida às baterias de um VE, de passeio, como sendo, da ordem de 24 kWh, e assumir este valor para a energia associada ao processo. Este número supõe que todos os usuários não ultrapassem uma utilização, mais acentuada, próxima a 80% da capacidade das baterias [HELTON, 1996]. Uma segunda 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 [RICE, 1996], 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 1 permite apreciar a combinação das situações descritas e os resultados, em termos de demanda máxima e da energia total suprida para o recarregamento dos VE's:

Tabela 1 - Demanda Máxima e Energia do Grupo de VE's (Sem Considerar Diversidade do Horário de Recarga)

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

Os cálculos, cujos resultados vêm resumidos na Tabela 1, 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 efeitos inerentes na potência e energia a serem supridas pelos sistemas de distribuição de um centro urbano no processo de recarregamento dos VE's.

Tomando-se, assim, a situação concebida anteriormente, e levando-se em conta os aspectos aleatórios do processo de recarregamento total das baterias, são apresentados os gráficos resultantes, seguidos dos respectivos comentários. O Gráfico 1 representa a função densidade de probabilidade das distâncias percorridas pelo grupo considerado de VE's. O truncamento, à direita, refere-se ao fato de que foi estipulada uma autonomia de 115 km para os carros considerados. Procura-se refletir com isso, o fato de que alguns usuários poderão optar, previamente, por outro transporte devido a esta limitação. Caso este aspecto seja levado em conta, 9508 VE's entrariam efetivamente no cômputo destes cálculos. Ou seja, 5% dos usuários teriam como expectativa uma utilização maior que 90% da autonomia (100 Km), já que é usual deixar, pelo menos uns 10% de margem, para cobrir alguma eventualidade. Esta função pode ser, então, associada ao estado das baterias ao



final do percurso. Quanto ao Gráfico 2, vem representada a porcentagem dos veículos em início de recarga ao longo do dia. Corresponde a uma função de densidade de probabilidade aproximadamente normal, cujo horário médio de início de recarga, neste caso, foi tomado como sendo às 22 horas, visando-se levar em conta os possíveis incentivos das empresas de energia elétrica pelo recarregamento fora do período de ponta de carga. No Gráfico 3, está apresentada a curva de recarga das baterias num período de 5 horas. Vale notar que o período de recarga mais intenso foi afetado por uma pequena variação na tensão suficiente para que a potência se aproximasse de 6 kW. A indicação da demanda máxima requerida para suprir os VE's considerados, não ultrapassou a 11 MW, já que o processo de descarga é disperso ao longo das 24 horas e com ocorrência às 23 horas, conforme pode ser visualizado no Gráfico 4. A energia total contabilizada no processo foi cerca de 132 MWh. A Tabela 2 resume estes resultados para efeito de comparação com a Tabela 1, onde não se considerou a diversidade dos horários de início de recarga.

Tabela 2 - Demanda Máxima e Energia do Grupo de VE's (Considerando Aspectos Aleatórios do Processo de Recarga)

Hipótese Recarga	Energia Diária (kWh)	Recarga (h)	Carga Máxi. (kW)	Carga Máx. Grupo (MW)	Energia Grupo (MWh)
Início e Estado Bateria	Aleat.	Aleat.	6	11	132

Este exemplo é representativo das possibilidades com que os desenvolvimentos elaborados podem contribuir para as análises que foram detectadas como necessárias visando estudar a inserção do VE's no mercado. É interessante verificar que a penetração deste grupo de VE's evitaria um consumo anual equivalente a  $16,4 \times 10^6$  litros de combustível. Além disto, não seriam emitidas cerca de 34000 t de CO<sub>2</sub>, cuja relação com o efeito estufa é bastante estreita, admitindo-se um desempenho, da ordem de 10 km/litro e supondo-se a distância total envolvida, fosse realizada por um igual grupo de VCI's similares. Outras

substâncias nocivas ao meio ambiente podem ser avaliadas. Também os valores encontrados, quanto a demanda máxima e energia total do grupo não apontam, quando trazidos para a realidade do suprimento de centros urbanos, como o que foi considerado, em princípio, a necessidade de investimentos de transmissão e geração, registrando-se um acréscimo esperado de faturamento da ordem de 9 milhões de dólares (1 R\$ = 1US\$) em um ano, com base nas tarifas residenciais praticadas no Brasil.

Finalmente, com respeito a redução do preço inicial dos veículos elétricos, tendo em vista aumentar a sua atratividade junto ao público merece ser comentada a idéia denominada como "carrot and stick" [FORD, 1994]. Trata-se de um incentivo ("carrot") na aquisição dos VE's obtido a partir de uma penalização ("stick") na compra dos VCI's. Depreende-se, que em essência, isto consiste, durante o período de afirmação dos VE's no mercado, em impor um pequeno acréscimo ao preço do VCI's, de tal forma a financiar o abatimento do preço dos VE's. Leva-se em conta que, de início, o número de vendas de VCI's é bem superior aos dos VE's. Tal procedimento pode ser considerado suficiente, em geral, para oferecer no mercado, VE's de preço inferior aos VCI's similares. Outras medidas concomitantes, de caráter tributário governamental, devem se somar para uma maior competitividade dos VE's, com respeito ao investimento inicial da parte dos consumidores. Com base nesta sugestão, vem a seguir descrita uma formulação, aqui desenvolvida, para que se possa explicitar a sua potencialidade:

$$r = PVE / PVCI \quad r > 1 \quad (1)$$

$$D = (n_i \times A) / n_e \quad (2)$$

$$E = [r - (n_i / n_e) \times a] \times PVCI \quad (3) \quad n_i \gg n_e$$

$$a = A / PVCI \quad (4) \quad a \ll 1$$

Onde:

PVE, PVCI - preços originais do VE e do VCI

D - desconto de preço na aquisição de VE's

n<sub>e</sub>, n<sub>i</sub> - números esperados de vendas de VE's e VCI's

A - acréscimo de preço na compra de VCI's

a - acréscimo relativo de preço do VCI  
 r - relação entre os preços de VE's e VCI's similares  
 E - preço de aquisição do VE

É fácil constatar pela equação (3) que um VE, cujo preço original fosse US\$ 19500,00 e o do VCI correspondente fosse 15000 US\$, ( $r=1.3$ ), bastaria um acréscimo de 1% (US\$ 150) no VCI, para que, numa relação mercadológica ( $ni/ne = 50$ ), fosse possível adquirir um VE similar por US\$ 12000,00. Outros incentivos poderiam ser associados, como a tarifa em horários específicos e reduções mais amplas para recargas em fins de semana, criando assim uma extensa faixa de possibilidade de viabilização do VE junto ao consumidor. Vale comentar que estes abatimentos devem ser considerados por um prazo tal que os avanços tecnológicos, principalmente, quanto às baterias sejam suficientes para que o preço do VE seja competitivo a curto e longo prazos.

## 6.0 CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi discutida a importância dos novos avanços tecnológicos dos VE's, o que tem elevado estes veículos a categoria de alternativa mercadológica a ser contemplada nos estudos de planejamento. Tal fato, conduziu a necessidade de se dispor de elementos mais adequados para averiguar as consequências da penetração destes veículos junto ao público.

É bastante 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.

A penetração gradual de VE's no mercado, pelo que se pode deduzir dos resultados da Tabela 2 é, em princípio, passível de ser absorvida pelas empresas de energia elétrica. De fato, as magnitudes da demanda máxima e da energia total do processo de recarga, não indicam a necessidade de que investimentos imediatos de porte sejam realizados. Mostra-se potencialmente válida a utilização da gerência da demanda, caso haja expectativa de conflitos do horário de ponta da rede de distribuição com a de recarga dos VE's.

Os valores apresentados, mesmo tomando-se as exigências mais drásticas do período de recarga de 5 horas, indicam que as instalações residenciais, onde a aceitação dos VE's deverá ocorrer inicialmente, possuem capacidade para a ligação dos carregadores domiciliares. Caso sejam detectadas restrições futuras, estas poderão ser contornadas com períodos de recarga mais longos.

Os desafios mercadológicos quanto ao preço dos VE's podem, em princípio, serem contornadas mediante a conjugação de ações dos agentes envolvidos, conforme procurou-se descrever neste trabalho. É particularmente importante as relações empresa de energia - fabricante - entidades governamentais disporem de ferramental adequado para o exame das questões aqui discutidas visando elaborar a estratégia e os estudos de planejamento que permitam a avaliação dos ganhos econômicos e sociais.

Este trabalho indicou a oportunidade estratégica, do ponto de vista empresarial, quanto a inserção dos VE's no mercado. Foi ainda discutido o potencial quanto aos ganhos energéticos e ambientais. É desejável, portanto, o aprofundamento das análises em curso, de tal forma que se possa examinar cenários efetivos das áreas metropolitanas existentes no Brasil.

## 7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANFAVEA. Anuário Estatístico, 1997
- BOTTURA, Celso P., BARRETO, Gilmar. Veículos Elétricos 1. ed., Campinas: UNICAMP, 1989.
- DE LUCHI et alii. Electric Vehicles: Performance, Life Cycle Costs, Emissions and Recharging Requirements. Transpn. Res., Vol 23a, No. 3, 1989, pág. 255-278.
- EPRI. The Impact of Passenger Automobiles on Utility System Loads, 1985 - 2000, EPRI EA-623, Final Report, 1978
- FORD, Andrew. Electric Vehicles and the Electric Utility Company. Energy Police 22 (7), 1994
- HELTON, Robert A. Electric Vehicles Load Management Issues, EPRI, 1996
- HWANG, Roland J.; Políticas para a Redução dos Custos Sociais do Setor Transporte, Seminário Perspectivas do Álcool Combustível no Brasil, Publicado pela USP, 1996.
- IEA. Electric Vehicles: Technnology Performance and Potential. 1993.
- JONES, Mark. Pure-lead Technology is Expandig the Marketing for Gas Recombination Batteries. Electrotechnology, October/November, 1997.
- KURANI, Kenneth et alii. The Marketability of Electric Vehicles: Battery Performance and Consumer Demand for Driving Range. The Eleventh Annual Battery Conference on Applications and Advances, IEEE, Long Beach, California, January, 1996.
- PECORELLI PERES, et alii. Influências Sobre os Sistemas de Energia com a Introdução dos Veículos Elétricos na Sociedade. III Congresso Latino-Americano Geração Transmissão de Energia Elétrica, Campos do Jordão, SP, Brasil, 1997.
- RIBEIRO, Suzana Kahn. O Alcool e o Aquecimento Global. Rio de Janeiro: CNI, COINFRA: COPERSUCAR, 1997.
- RICE, Richard E. ; WEINREB, Manfred. Guidelines for EV Load Forecasting, EPRI, 1996
- SA, Elida, CARRERA, Francisco. Planeta Terra Uma Abordagem de Direito Ambiental. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris LTDA., 1999.
- STEMPLE, Robert C. et alii. Nickel-Metal Hydride: Ready for Serve. IEEE Spectrum, Nov. 1998
- WYCZALEK, Floyd A. Ultra Light Electric Vehicle (EV). Journal of Circuits, Systems and Computers, Vol 5, No 1, 1995, pág. 81-91