



CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Deigles Buzaglo Silva de Carvalho¹

Mithridates Hajamim da Silva²

Anderson de Oliveira Castro³

Os Novos Motores Elétricos para Caminhões

RESUMO

Neste projeto foram realizadas diversas pesquisas sobre o histórico do veículo elétrico no Brasil, desde a sua forma de abastecimento, passando por seu sistema de acumulação de energia e sua dinâmica de funcionamento. O objetivo deste trabalho foi estudar os entraves à inserção do veículo elétrico no mercado nacional. Vários estudos comparativos foram realizados entre o veículo elétrico e o veículo convencional, à combustão, com o intuito de se conhecer melhor sobre os seguintes itens: as emissões de gases/poluentes no meio ambiente, o aproveitamento do potencial energético brasileiro para o abastecimento dos veículos elétricos, a frota potencial de veículos elétricos no país e a redução da auto descarga da bateria. Foram ainda sugeridas melhorias para um veículo elétrico atual, com o objetivo de contribuir para o aumento de sua autonomia e de sua eficiência energética.

Palavras-Chave: Veículos elétricos; Emissão de gases do efeito estufa; Baterias de tração; Sistema elétrico brasileiro; Consumo de energia em veículos elétricos.

¹ Graduando em Engenharia Mecânica na UNINORTE—E-mail: deiglesdesucabu@gmail.com

² Graduando em Engenharia Mecânica na UNINORTE—E-mail: mithridates@bol.com.br

³ Professor do curso de Engenharia mecânico na UNINORTE - E-mail: anderson.castro@uninorte.com.br

ABSTRACT

This project made a search about the history of the electric vehicle, the electricity supply for electric vehicles in Brazil, its energy storage system and its dynamics. Its goal was to analyze the difficulties to introduce the electric vehicle on the Brazilian Market. Some comparison studies between the conventional and the electric vehicle was made in order to know more about the greenhouse gas emissions, energy efficiency, potential fleet, auto discharge mitigation and impacts of substitution of conventional vehicles to electric vehicles in Brazil. Some improvements on commercial electric vehicles were proposed to grow up its range as well energy efficiency.

Key-words: Electric vehicles; Greenhouse effect gas emission; Traction batteries; Brazilian electric grid; Electricity consumption in electric vehicles.

1. Introdução

O Brasil sofre com a poluição nos grandes centros urbanos, gerada principalmente por fontes móveis, ou seja, veículos automotores de transporte de passageiros particulares e coletivos, e veículos de carga, movidos principalmente a combustíveis líquidos derivados de petróleo e da biomassa. Há uma imensa frota de caminhões no Brasil automotores distribuídos em 21 categorias que são: automóvel, bonde, caminhão, caminhão-trator, caminhonete, camioneta, chassi plataforma, ciclomotor, micro-ônibus, motocicleta, motoneta, ônibus, quadriciclo, reboque, semirreboques, sidecar, outros, trator-esteira, trator rodas, triciclo e utilitário. De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN 2014, esses dados foram consultados e com isso atualmente a frota de veículos que circulam no Brasil é de quase 85 milhões, houve um crescimento de aproximadamente 6,5% se comparada com os dados de agosto de 2013. Estes veículos, utilizam principalmente como combustível os derivados de petróleo, e são responsáveis por grande parte das emissões de poluentes como monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, que são prejudiciais para a saúde e afetam diretamente as mudanças climáticas que estamos vivenciando. A temperatura média global poderá aumentar entre 0,6 a 2,5°C nos próximos cinco anos e de 1,4 a 5,8°C até o próximo século. Visando reduzir essa transformação climática, com consequências drásticas ao meio ambiente e ao homem, essas emissões de gases poluentes devem ser reduzidas (PEREIRA, 2007). Pensando nesses fatores, é imprescindível então desenvolver veículos menos poluentes, mais eficientes e que possam utilizar fontes de energia renovável.

No ano de 1996 foi lançado um veículo elétrico onde mudaria todo o cenário no qual colocaria novamente os veículos elétricos nas ruas. A General Motors lançou o EV1, este veículo possuía um motor elétrico de aproximadamente 137CV, que era alimentado por baterias de chumbo-ácido, possuía autonomia de 90 a 150Km dependendo do seu uso, com desempenho de 0 a 100Km/h era próximo de 9 segundos, e a velocidade máxima era limitada em 130Km/h, carregava somente o motorista e um passageiro, trazia de série trio elétrico, ar-condicionado, CD player, ABS, controle de tração, e air bags dianteiros, todos de funcionamento 100% elétrico. Possuía o sistema de frenagem regenerativa e não emitia poluentes (EDELSTEIN, 2013). Em 2003 a General Motors retirou todos os carros que eram cedidos via leasing do mercado e a grande maioria destes veículos foram destruídos. Há

controvérsias sobre a verdadeira causa desde acontecimento, segundo a montadora não havia como garantir peças sobressalentes e assistência técnica, mas de acordo com o documentário de (PAINE, 2006) há dúvidas se não foram feitas conspirações formada por montadoras e cia petrolíferas contra o carro elétrico.

2. Desenvolvimento

2.1 HISTÓRIA DOS VEÍCULOS

De acordo com o autor (EHSANI et al., 2005) há um conceito sobre veículos híbridos elétricos muito antigo quanto até mesmo os automóveis de hoje em dia. O objetivo principal, no entanto não foi para baixar o consumo de combustível, mas sim para auxiliar o Motor de Combustão Interna – MCI, para fornecer um aceitável nível de desempenho. De fato, no início, a engenharia do MCI foi menos avançada que a engenharia do motor elétrico.

Para (JANISSE; ENGELMAN, 2011). Na data de 1900 o professor Ferdinand Porsche revelou seu Lohner Porsche, um veículo elétrico que possuía os Motores Elétricos - MEs nos cubos das rodas dianteiras. Logo depois, o carro apresentava os MEs em todas as rodas e também freio nas 4 rodas, este foi primeiro veículo no mundo a ter este sistema. Um dos destaques de seus primeiros anos como projetista automotivo foi o Lohner – Porsche Semper Vivus que entrou para a história como sendo o primeiro veículo híbrido funcional feito a 114 anos atrás.

Os primeiros veículos híbridos foram construídos para auxiliar os fracos MCI, ou para melhorar a gama de veículos elétricos. Eles fizeram uso das tecnologias elétricas básicas que estavam então disponíveis. Apesar da grande criatividade que presidiu na sua concepção, após a primeira guerra mundial os MCI melhoraram muito, e então os primeiros veículos híbridos já não podiam mais competir com estes motores. Os MCI receber a menor mês melhorias em termos de densidade de potência, os motores se tornaram menores e mais eficientes, e não havia mais a necessidade de ajudá-los com os motores elétricos. O custo adicional de ter um motor elétrico e os riscos associados com as baterias ácidas foram fatores-chave no desaparecimento de veículos híbridos do mercado após a primeira guerra mundial. O maior problema que esses primeiros projetos tiveram que lidar foi a dificuldade de controlar o ME. A eletrônica de potência não se tornou disponível até meados dos anos 1960 e no início os

motores elétricos eram controlados por interruptores mecânicos e resistores. Eles tinham um raio de ação limitado que era incompatível com uma operação eficiente.

De acordo com o autor (EHSANI et al., 2005). As crises de petróleo foi um agravamento total nas datas de 1973 e em 1977, e juntos as crescentes preocupações ambientais nenhum VHE chegou ao mercado. O foco dos pesquisadores foi atraído pelos Veículos Elétricos - VEs, dos quais muitos protótipos foram construídos na década de 1980. A falta de interesse nos Veículos Elétrico Híbrido - VHEs, durante este período pode ser atribuída à falta de eletrônica de potência, de modernos motores elétricos e tecnologias de baterias. A década de 1980 testemunhou uma redução no tamanho dos veículos convencionais movidos a MCI, a introdução de conversores catalíticos, e a generalização da injeção de combustível.

2.2 Funcionamento do Veículo Elétrico: Diagrama de Blocos

Segundo (BARRETO 1986), um veículo elétrico Corrente Contínua da bateria e Corrente Alterada no motor CC/CA, apresenta o seguinte diagrama de blocos, mostrado de modo simplificado e com algumas modificações na figura 1:

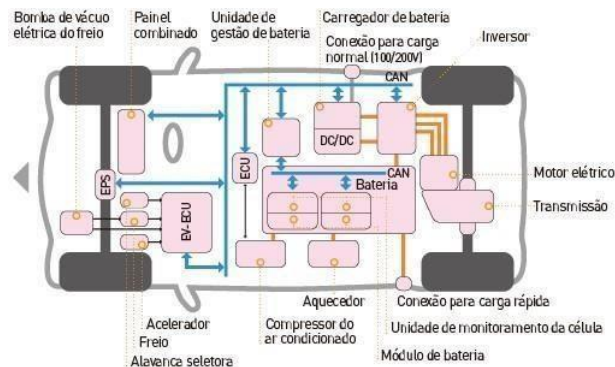


Figura 1 Diagrama de blocos de um veículo elétrico

Fonte: (BARRETO, 1986)

A seta dupla entre o banco de baterias e o inversor, entre este e o motor trifásico e entre o motor trifásico e as rodas indica que o fluxo de energia ocorre nos dois sentidos, ou seja, o banco de baterias de tração provê energia para a movimentação do veículo e, quando em frenagem, recupera parte da energia cinética do veículo sob a forma de energia eletroquímica, no banco de baterias de tração. Esta é a principal modificação no diagrama proposto por Barreto (1986). Ainda sobre o diagrama de Barreto (1986), pode-se extrapolar adicionando-se as interfaces presentes nos veículos, como o carregamento do banco de baterias de tração e da bateria de serviço (de 12V), encarregada de armazenar e fornece

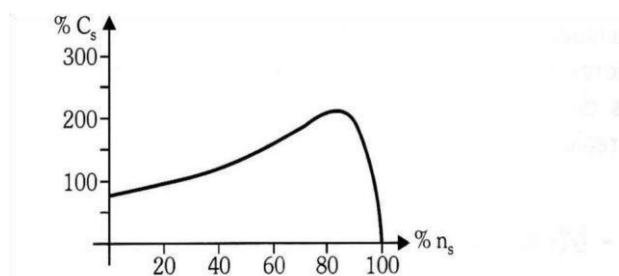
energia para o sistema elétrico convencional do veículo, o qual é composto pelas cargas dos sistemas de iluminação, ventilação, arrefecimento, áudio e alarme, dentre outros.

2.3 Veículos Híbridos Elétricos

O principal veículo convencional com MCI tem um desempenho muito grande com uma longa operação onde se utiliza muitas vantagens de uma alta densidade energética de combustíveis que é derivado do petróleo. Para (EHSANI et al.,2005), esses veículos elétricos se movem por bar bateria por outro lado possuem algumas vantagens sobre os veículos convencionais com MCI, tais como elevada eficiência energética e zero de poluição ambiental. Apesar disso, quanto ao desempenho, especialmente na faixa de operação por carga das baterias, é muito menos competitivo que os veículos com MCI, devido ao índice de energia das baterias ser menor que o índice de energia da gasolina. O VHE é um veículo no qual pelo menos uma das fontes de energia ou um dos conversores pode fornecer energia elétrica (HUSAIN, 2005). Visando então unir as vantagens dos dois sistemas de propulsão criou-se os VHE, que utilizam duas fontes de energia – uma fonte de energia primária (combustível) e uma fonte de energia secundária (eletricidade) – que vão alimentar os dois sistemas de propulsão.

3. COMPONENTES E SISTEMAS ELÉTRICOS / ELETRÔNICOS

A característica dos motores elétricos tem servido muito bem as aplicações automotivas. Eles desenvolvem o torque máximo desde o início em baixas velocidades, provendo bom desempenho principalmente nas situações de saída dos veículos. O torque se mantém constante por uma grande faixa de velocidade, a partir da qual o torque começa a diminuir proporcionalmente com o aumento da mesma.



Curva torque x rotação para o motor de capacitor permanente.

Figura 2 curvas torque x rotação

Fonte: (HUSAIN, 2005)

Esses motores funcionam basicamente criando um campo magnético girante que induz o rotor a seguir em fluxo. Existem motores assíncronos, que são aqueles em que o rotor opera em regime em uma frequência de rotor inferior à do estator e os motores síncronos, que são aqueles em que o rotor tem a mesma frequência de rotação do campo do estator, resultando em uma alta eficiência.

Já os motores síncronos mais complexos e mais caros, o que como consequência acabam sendo poucos utilizados na indústria. Os tipos mais conhecidos são os de ímã permanente (fácil e barata produção que podem ser produzidos utilizando moldes para injeção, ideal para produção em massa, e de baixo consumo de energia por não efetivamente gerar o campo magnético). Estator combinado e de relutância variável (arquitetura simples e barata com desempenho para atender as necessidades dos veículos elétricos e híbridos, mantendo um torque constante de saída).

Outro problema nas aplicações automotivas e com a relação à temperatura. Motores elétricos de ímã permanente costumam perder suas características em torno dos 150°C. No entanto, com o avanço da tecnologia já é possível encontrar motores que suportam cerca de 200°C sem perder suas características.

3.1 Controlador do Motor Elétrico

Conforme (BOTTURA; BARRETO, 1989) A principal função de um conversor são as potências elétricas de um certo valor de tensão, corrente ou frequência para um diferente valor de tensão, corrente ou frequência. Os exemplos típicos de circuitos eletrônicos de potência elétrica tipicamente utilizados nos VHE são: os recordadores (CC-CC), os inversores (CC-CA), os retificadores (CA-CC) e os ciclo conversores (CA-CA).

Os projetos elétricos são projetos de comutação, projeto do circuito controlador, dispositivo de seleção de comutação, otimização da conversão de frequência e o cálculo de perdas;

Projeto magnético: inclui o projeto de indutores, capacitores, e outros componentes magnéticos necessários para a filtragem, comutação e unidades de acionamento;

3.2 Cronologia das Baterias

Ainda segundo (BUCHMANN, 2001), o italiano Alessandro Volta, baseado nos experimentos de outro italiano, Luigi Galvani, iniciou uma série de experimentos relativos ao armazenamento de energia, usando zinco, chumbo, estanho ou ferro como placas positivas, e cobre, prata, ouro ou grafite como placas negativas. No ano de 1800, ele descobriu que um fluxo contínuo de elétrons era produzido quando eram utilizados certos fluidos como condutores para promover a reação química entre as placas de metal (ou grafite). Esta descoberta permitiu a invenção da primeira “pilha” da história. Esta primeira pilha, também conhecida como “Pilha de Volta, ” devido ao empilhamento das várias células para se aumentar a tensão, foi apresentada à real sociedade de Londres no mesmo ano. Até então, os primeiros experimentos produziam apenas faíscas de curta duração, a partir da descoberta de Volta, a energia elétrica era disponível de uma maneira contínua jamais vista.

Em 1859, o físico francês Gastón Platé inventou a primeira bateria recarregável, a qual era baseada no princípio de chumbo e ácido, sistema utilizado até os dias de hoje. Desde a invenção de Platé as baterias (ou pilhas) se dividem em dois tipos: as primárias, que não podem ser recarregadas e as secundárias, que podem, dentro de certo limite de ciclos e segundo condições limites de temperatura e tensão, serem recarregadas.

Em 1932, Schlecht e Ackermann inventaram a placa de polo sinterizada, que aumentou significativamente a durabilidade e a corrente de descarga das baterias de chumbo ácido.

Na década de 60, foram desenvolvidas pela empresa Union Carbide as pilhas alcalinas.

Em 1990, teve início a comercialização da bateria de Níquel-Metal Hidreto (NiMH); em 1992, comercializada a bateria alcalina recarregável e, finalmente, em 1999, a comercialização da bateria de Lítio-Íon Polímero.

3.3 TIPOS DE BATERIAS

Atualmente as baterias de chumbo – ácido, metal hidreto (NiMH), lítio-íons e supero ferro (super. –iron) tem sido utilizados nos veículos elétricos e híbridos. As baterias de Litiolon

são atualmente as mais utilizadas para armazenamento de energia nos veículos elétricos e é a área onde estão sendo realizadas os maiores investimentos pelas fabrica para a sua produção. Em contra partida muitas pesquisas ainda continuam sendo realizadas em busca de novas tecnologias.

Baterias de Eletrólito Retido

O outro tipo de classificação complementar ao citado no item anterior é o de eletrólito retido em que, mesmo líquido, o eletrólito fica retido em um tecido ou em um gel.

As baterias de níquel-hidreto metálico, conhecidas pela sigla NiMH e as baterias de lítioíon e lítio-polímero, conhecidas pelas siglas Li-íon e Li-P, respectivamente, também são exemplos de baterias de eletrólito retido, ou seja, não possuem o eletrólito líquido inundando as placas, de forma a possibilitar seu uso em qualquer posição.

Bateria de Chumbo-Ácido

Segundo (HUSAIM, 2003), a bateria de chumbo ácido, inventada pelo francês Gastón Planté, em 1859, além de possuir tecnologia mais madura, pois é produzida desde a segunda metade do século XIX, é também a mais produzida do mundo, totalizando mais de 100 milhões de baterias fabricadas anualmente.

Ainda segundo (Husain, 2003), podem-se listar as vantagens que garantem a longa existência da bateria de chumbo-ácido:

- Custo relativamente baixo;
- Facilidade de obtenção de matérias primas (chumbo, enxofre);
- Facilidade de fabricação e
- Características eletroquímicas favoráveis ao armazenamento de energia.

Bateria Chumbo-Ácido Tradicional

É basicamente a mesma bateria de chumbo-ácido inventada por Planté e vem sendo utilizada sem grandes modificações desde fins do século XIX. Consiste de uma caixa

impermeável, onde são armazenados as placas de chumbo e o eletrólito de ácido sulfúrico. Também é conhecida como bateria SLI (do inglês: Starter, Lightning and Ignition ou Partida, Iluminação e Ignição – tradução nossa).

Bateria VRLA

A bateria ácido e chumbo regulado por válvula - VRLA, cujo significado vem do inglês: Valve-Regulated Lead-Acid, é basicamente a bateria chumbo-ácido SLI, também com o eletrólito inundando as placas, porém com caixa hermética e regulada por uma válvula de segurança, que não permite, no uso normal, a evaporação da porção aquosa do eletrólito, que implicaria a necessidade de se completar seu nível com água destilada. Atualmente, a maioria das baterias de automóvel em produção, as chamadas baterias sem manutenção.

Bateria AGM

No grupo das baterias VRLA, pode-se citar ainda o grupo das baterias sistema absorção por fibra de vidro - AGM (do inglês: Adsorbed Glass Mat), cujo eletrólito, ainda que líquido, está retido por uma manta de fibra de vidro, não permitindo a inundação das placas. Neste tipo de bateria, o eletrólito continua entre as placas, que podem ser planas como na bateria SLI ou enroladas em espiral.

Bateria de Gel

Alternativamente à bateria SLI, tem-se a bateria de gel, que se assemelha em muito à bateria AGM, diferindo apenas pela substituição da manta de fibra de vidro absorvente por uma substância gelificante à base de sílica, a fim de melhorar o desempenho do eletrólito. Nas baterias de gel normalmente se utilizam separadores de cálcio, ao invés de antimônio, entre as placas de chumbo. Devido a esta característica, as baterias de gel vêm sendo comumente chamadas de baterias de chumbo-cálcio.

Bateria de Níquel-Cádmio (NiCd)

A partir dos anos 1990, com o aumento da necessidade de portabilidade, aliada ao crescente aumento de consumo dos aparelhos eletrônicos, começou a surgir a necessidade de se ter baterias secundárias de capacidades de acumulação de energia cada vez maiores.

Segundo (Buchmann, 2001), o primeiro tipo de bateria com estas características foi a bateria alcalina secundária, sendo rapidamente suplantada pela bateria de níquel-cádmio

(NiCd). A bateria de níquel-cádmio, ainda que utilizada por mais de uma década, já nasceu com um problema latente: o impacto no meio ambiente, quando de seu descarte inadequado, devido à ação cumulativa do cádmio no organismo humano. O cádmio da bateria descartada inadequadamente pode contaminar os lençóis freáticos, vindo a se depositar no organismo humano, caso o homem beba da água contaminada ou consuma animais que também a consumiram.

Bateria de Níquel-Metal-Hidreto

A alternativa subsequente à bateria de níquel-cádmio foi a bateria de níquelmetal hidreto (NiMH). Esta bateria apresenta maiores valores de capacidade de armazenamento de energia que a de níquel-cádmio, além de não apresentar o problema do efeito memória, quando carregada de maneira correta utilizando-se de carregadores específicos, nem mesmo os inconvenientes de toxicidade do cádmio.

Baterias de Zinco-Ar

As baterias secundárias de zinco-ar têm um eletrodo positivo gasoso de oxigênio e um eletrodo de sacrifício de zinco metálico. A bateria de zinco, na prática, possui a recarga somente pela via mecânica, ou seja, pela troca do eletrodo sacrificado (oxidado) e seus resíduos por um eletrodo novo. O eletrodo sacrificado e os resíduos gerados, em sua maioria o eletrólito de hidróxido de potássio, são facilmente reciclados. De certa forma, pode-se dizer que a bateria de zinco-ar é uma célula de combustível onde este é o zinco metálico.

Baterias de Lítio

Segundo (BUNCHMANN, 2001), as baterias de lítio são atualmente as mais promissoras para aplicação portátil. Possuem alta capacidade de armazenamento de energia, baixa toxicidade e não apresentam efeito memória. Trabalham a temperaturas não muito diferentes da temperatura ambiente e podem ser carregadas em pouco tempo. Segundo (HUSAIM, 2003), o lítio é o metal com maior potencial de redução (3,045V) e a menor massa atômica (6,94), sendo que sua pesquisa como eletrodo para baterias começou no início dos anos 70, mas a natureza reativa do lítio associada à umidade restringiu o seu uso com eletrólitos convencionais.

Entretanto, foi descoberto pela universidade de Oxford, no final da década de 70, que o lítio poderia ser intercalado ou absorvido pelo retículo cristalino de cobalto ou níquel, formando o LiCoO_2 ou LiNiO_2 .

4. DINÂMICA DO VEÍCULO ELÉTRICO

Por mais de um século, a dinâmica veicular vem sendo estudada baseando-se, principalmente, no modelo de automóvel equipado com motor de combustão interna (ou ICEVs, do inglês Intern. Combustion Engine Vehicles). O veículo elétrico geralmente atinge velocidades inferiores e como tem menor energia armazenada nas baterias em relação àquela armazenada nos tanques de combustível dos veículos à combustão, têm que aproveitar de maneira bem mais eficiente esta energia para se atingir níveis satisfatórios de autonomia. Esta análise de dinâmica servirá para se identificar a contribuição de cada uma das forças resistivas no consumo do veículo elétrico.

4.1 Motores à Combustão Interna

Os primeiros automóveis movidos a motor de combustão interna (MCI) surgiram no final do século XIX e se tornaram comuns nas paisagens no início do século XX, devido à produção seriada em massa. O MCI converte a energia química, presente no combustível (gasolina, etanol, gás natural, diesel etc.), em energia mecânica, que é utilizada para acionar as rodas do veículo. Segundo (Oliveira, 2005), o MCI pode operar em diversas condições. Porém, existe um ponto ótimo de operação em que o MCI apresenta a maior eficiência e emite menos gases poluentes.

O MCI apresenta como característica de funcionamento, intrínseca ao seu ciclo termodinâmico, um limite inferior de velocidade angular (ou rotação) que o impede de funcionar abaixo deste limite (sempre um pouco abaixo da rotação de marcha-lenta especificada pelo manual do veículo). Essa limitação faz com que o motor consuma energia para manter o limite mínimo de rotação de funcionamento mesmo quando não é solicitada uma demanda de energia para a movimentação do veículo como, por exemplo, quando o veículo se encontra parado por ocasião de um semáforo fechado. Algumas soluções como sistemas de desligamento do MCI nestas condições já estão em produção na Europa, principalmente para motores pequenos, de até quatro cilindros. Estes sistemas são conhecidos como micro híbridos ou stop&start. Para motores maiores, de seis e oito cilindros, já existem

sistemas que desligam automaticamente alguns dos cilindros nas condições acima mencionadas, dentre outras.

4.2 Motores Elétricos

Nos motores elétricos - (ME), o limite mínimo de rotação de funcionamento não existe, pois, dependendo de seu tipo de construção, são capazes de fornecer torque mesmo à rotação nula. Esta condição pode eliminar a necessidade da transmissão de múltiplas velocidades ou reduzi-la a um número menor de velocidades em comparação com uma transmissão para MCI. Caso seja eliminada a transmissão de múltiplas velocidades, pode-se também eliminar o acoplamento entre o motor e transmissão, que permite a seleção das múltiplas velocidades - embreagem.

Devido a esta e outras características do motor elétrico, segundo Barreto (1983), os EV apresentam como vantagens principais:

Maior eficiência energética que um veículo convencional: em função da maior eficiência de transformação da energia elétrica, armazenada nas baterias sob a forma de energia química, em energia mecânica, em comparação com o MCI. Neste, a energia química armazenada no combustível, deve passar por um processo termodinâmico para prover energia mecânica às rodas. Além disso, os EV só consomem energia quando em movimento, já que não ME a energia é transformada de maneira mais adequada à característica de funcionamento urbano do automóvel, sem a limitação de rotação mínima de funcionamento presente no MCI.

Não emitem poluentes: As transformações de energia no EV não emitem subprodutos como nos MCI. Esta vantagem se presta principalmente aos grandes centros urbanos, onde mesmo os veículos com MCI pouco poluentes e/ou aqueles movidos a combustíveis com geração de carbono neutra como, por exemplo, o etanol de cana de açúcar, gera poluentes gasosos nocivos próximos à população. Deve-se salientar que a bateria do VE deve ser corretamente reciclada ao término da sua vida útil, a fim de se evitar a poluição por descarte inadequado.

Autonomia reduzida e alto tempo de recarga: Como a energia específica, em Wh/kg, de uma bateria moderna é da ordem de 60 vezes inferior à da gasolina, para se atingir uma

autonomia comparável ao automóvel tradicional, a massa das baterias torna-se inviável tecnicamente, além de seu elevado custo de produção.

Esta é a principal razão pela qual o foco dos veículos elétricos sejam os centros urbanos, sendo que para percursos extra urbanos torna-se necessário algum tipo de hibridização da propulsão elétrica com algum combustível, tendo-se em vista atingir autonomias mais elevadas.

4.3 Desempenho de um Veículo Elétrico]

Segundo (MATOS, 2006), o desempenho de um automóvel pode ser medido levando-se em conta os seguintes parâmetros:

- Velocidade máxima – é a velocidade máxima que o veículo é capaz de atingir em determinadas condições (estrada plana ao nível do mar, entre outras) e está relacionada à potência máxima desenvolvida pelo motor e à resistência aerodinâmica apresentada pelo veículo;

Retomadas de velocidade – medida pelo tempo gasto para se atingir uma determinada velocidade partindo-se de uma velocidade inferior e sem a utilização de troca de marchas (p.ex.: retomada de 40km/h a 100km/h em quarta marcha). É uma medida que está relacionada à capacidade de um veículo em realizar ultrapassagens e depende da relação de câmbio utilizada e do andamento da curva de torque do motor;

Capacidade de arrancada em rampa – é a capacidade que o veículo possui de arrancar (partir do repouso) em um aclive com a utilização da embreagem. Está relacionada ao torque máximo fornecido pelo motor e à capacidade de transmissão de torque pela embreagem. Depende, ainda, da inércia de translação do veículo e das inércias dos elementos que giram, tais como: transmissão, pneus e rodas.

As velocidades máximas permitidas nos grandes centros brasileiros oscilam de 60 a 90km/h, com raras exceções. Um veículo elétrico voltado para uso urbano, com velocidade máxima superior à recomendada por lei, pode contribuir para a redução de sua autonomia de maneira sensível. Quanto à aceleração, que nos veículos com motor à combustão é normalmente medida em segundos (tempo que o veículo necessita para sair da imobilidade e atingir os cem quilômetros por hora), no caso dos veículos elétricos é geralmente adotada a aceleração de zero a sessenta quilômetros por hora. Para acompanhar o trânsito urbano das

grandes cidades brasileiras, uma aceleração de 0-60km/h entre 12 a 15 segundos é adequada. Outro fator importante de desempenho para um veículo elétrico é sua capacidade de superar rampas a partir da imobilidade e também em movimento. O veículo pode ser projetado para superar, a partir da imobilidade, rampas de até 13 graus de inclinação (em torno de 23% de inclinação).

4.4 Dinâmica do Movimento do Veículo Elétrico

Ainda segundo (MATOS, 2006), o movimento de um automóvel é regido por uma série de forças que governam a forma como ele se desloca. Para o estudo proposto são consideradas as forças atuantes que, dentro do que pode ser chamado de dinâmica longitudinal, regem o seu movimento em linha reta.

Segundo (NICOLAZZI, 2004), para o correto entendimento dos mecanismos envolvidos no estudo da dinâmica longitudinal, devem-se considerar os seguintes elementos:

Forças atuantes – podem ser divididas entre forças motrizes (motor e peso, no caso de um declive) e forças de resistência ao movimento (resistência aerodinâmica, resistência ao rolamento e peso em caso de aclive). Neste estudo, estas forças serão representadas por momentos gerados no eixo da embreagem;

Perdas – são consideradas as perdas por atrito no sistema de transmissão, resultantes do movimento das engrenagens da caixa de câmbio.

4.5 Resistência Mecânica

Como citado por (NICOLAZZI, 2004), a potência líquida gerada pelo motor, o que se pode chamar de cadeia cinemática, até as rodas, como a mostrada na figura 43, sofre algumas perdas devido ao atrito mecânico dos mecanismos de transmissão. Dentre estas perdas podem-se citar aquelas que ocorrem na caixa de câmbio, nas juntas de transmissão (homocinética e tripóide) e no conjunto de diferencial.

O rendimento mecânico da transmissão está associado às perdas devido à movimentação do óleo lubrificante dentro da caixa de transmissão e ao atrito entre as partes em contato.

Num balanço de momentos, podem-se representar estas perdas como um coeficiente multiplicativo das forças de resistência que ocorrem depois da transmissão. Como resultado, as forças de resistência ao avanço do veículo devem ser multiplicadas por um coeficiente para se obter o valor correspondente no eixo da embreagem, o qual é dado pelo inverso do valor do rendimento ($1/\eta m$).

5. METODOLOGIA

O trabalho será dividido em duas grandes partes, a saber, uma dedicada à revisão bibliográfica sobre o impacto dos veículos elétricos no Brasil e as propostas para o aumento de autonomia.

Na revisão bibliográfica serão pesquisadas a situação atual da poluição nos grandes centros e o veículo elétrico, com um breve histórico deste tipo de veículo; as tecnologias de armazenamento de energia elétrica disponíveis e uma comparação com combustíveis e como se calcula a energia necessária para se movimentar um veículo, visando analisar as diversas forças resistivas que se opõem a esta movimentação.

Serão estudados com base na revisão bibliográfica, o impacto dos veículos elétricos por uma hipótese de crescimento da frota segundo uma estimativa mundial e em função da matriz elétrica brasileira, os custos de operação deste veículo em comparação com os veículos tradicionais à combustão, a disponibilidade de matérias primas para a fabricação de baterias e os custos previstos para estas baterias e a apresentação de propostas e de cálculos para a melhoria do aumento de eficiência energética e autonomia de um veículo elétrico atual.

6. DISCUSSÃO

Embora os veículos elétricos e à combustão interna coexistissem no início do século XX juntamente com os veículos a vapor ou à combustão externa, segundo (HUSAIM, 2003) na década de 1920, os veículos elétricos praticamente desapareceram em detrimento dos veículos equipados com motor de combustão interna, os quais se tornaram predominantes (tradução nossa) 1 até os dias de hoje. Tal predominância somada ao aumento da concentração de veículos nos grandes centros urbanos, dentre outros efeitos, resultou e ainda vem resultando em um crescente acréscimo dos níveis de poluição. Este aumento nos níveis de poluição dos grandes centros urbanos favorece o estudo de soluções tidas como “mais

limpas” de propulsão, como a instalação de sistemas antipoluição nos veículos com motor à combustão interna e o desenvolvimento veículos elétricos e híbridos (associação de motor à combustão e motor elétrico)

Observa-se que, ultimamente, vem se destacando no mercado, tanto nacional como internacional, o interesse pelo aprimoramento e comercialização de veículos elétricos. Os vários anos de intenso desenvolvimento dos veículos a motor de combustão interna contra o quase nulo desenvolvimento dos veículos elétricos entre as décadas de 1920 e 1980 tornam-se grandes oportunidades para que sejam criadas e aprimoradas soluções que objetivem o aumento da autonomia e da eficiência energética dos veículos elétricos.

7. CONCLUSÃO

O consumo de etanol e gasolina, utilizados principalmente nos veículos de passageiros, tende a aumentar em até 20% até 2016, podendo agravar ainda mais a poluição nos grandes centros urbanos. Os veículos elétricos são uma alternativa viável para auxiliar a diminuir estes níveis, pela ausência de emissão gasosa durante o seu funcionamento.

Os veículos elétricos podem, ainda, auxiliar na redução da potência despachada no período de ponta, pois a energia armazenada nas baterias pode, quando o veículo estiver conectado à rede elétrica, ser utilizada pela concessionária de energia local, através da utilização de carregadores inteligentes.

O custo de fabricação de um veículo elétrico é, atualmente, muito mais elevado do que um veículo à combustão. Esta diferença é devida, principalmente, ao custo da bateria, que é de fabricação sob forma de protótipo. Estudos demonstram que se as baterias destinadas ao uso em veículos elétricos fossem fabricadas em série, poderiam alcançar um custo mínimo de até R\$ 7,7 mil por veículo. A matéria prima para a bateria de tecnologia de maior energia específica, o lítio, é presente no Brasil e o país possui uma reserva interna capaz de ser utilizada para fabricar baterias para até 10 milhões de veículos.

Portanto, a partir dos estudos e pesquisas realizados para a elaboração do presente trabalho, o Brasil está apto a desenvolver, produzir e comercializar veículos elétricos destinados à utilização em centros urbanos, para se diminuir a poluição nestes locais e aproveitar em parte o potencial de energia elétrica vertida indicar um rumo para novas pesquisas com base na pesquisa atual, pelas usinas hidrelétricas.

A frota de veículos elétricos prevista caso o Brasil siga a tendência mundial de 0,5% da produção até 2015 está em torno de 110 mil veículos. Esta frota de veículos elétricos vai consumir em torno de 352 GWh/ano ou 29,3GWh/mês, devendo ser recarregada prioritariamente no horário de carga leve do sistema elétrico nacional, cuja geração é, principalmente, de origem hidrelétrica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, Gilmar. Veículo elétrico à bateria: contribuições à análise de seu desempenho e seu projeto. 1986. 360f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BOTTURA, Celso Pascoli; BARRETO, Gilmar. Veículos elétricos. Ed. da UNICAMP, 1989.
- BRUNO, Lucia Barreto. Organização, trabalho e tecnologia. Atlas, 1986.
- BUCHMANN, Isidor. Batteries in a portable world. 2ed. Richmond: Cadex, 2001. 292p.
- CINTRA, Marcos. Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo. 2014.
- DOS SANTOS, Gustavo Soares; GRANDINETTI, Francisco José; DE ALMEIDA, Luis Fernando. PROJETO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA PARA UM VEÍCULO PURAMENTE ELÉTRICO. Revista Ciências Exatas, v. 23, n. 1, 2017.
- FERRARI, Roseli Aparecida; OLIVEIRA, V. da S.; SCABIO, Ardalla. Biodiesel de soja–taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. Química Nova, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.
- GOLTZ, Evandro Claiton. Estudo de máquina elétrica de fluxo axial aplicada a sistema de tração automotiva com acoplamento direto e frenagem regenerativa. 2012.
- GUIMARÃES, Gláucia Katiúscia Ferreira. Inserção de carros elétricos no Brasil: avaliação da demanda e reservas de lítio. 2017.
- LOPES, Juliana et al. Metodologias de dimensionamento e de gestão de fontes de energia para veículos elétricos. 2012.
- MARIANO, Marcelo Passini; RAMANZINI JÚNIOR, Haroldo; ALMEIDA, Rafael Augusto Ribeiro de. O Brasil e a Integração na América do Sul: Uma análise dos últimos dez anos (2003-2013). Relações Internacionais (R: I), n. 41, p. 123-134, 2014.
- MARQUES, Flávio de Oliveira; MEIRELLES, Luiz Antônio. Tendências da reciclagem de materiais na indústria automobilística. 2006.
- OLIVEIRA, Eude C.: Modelagem e simulação de veículos elétricos e híbridos. 2005. 107f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- PAINE, Chris; DEETER, Jessie. QUEM matou o carro elétrico?. Who Killed the Electric Car, 2006.
- PIOVANI, Juliane Taise et al. Carro elétrico movido a energia solar. CONNECTION LINE, n. 17, 2017.
- RUEDA, Oscar Antonio Solano. Controle do Motor de Indução para Veículos Elétricos Mediante o Uso de Duplo Conversor. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SALOMAO, Teluan Ribeiro et al. A Evolução do motor a combustão ciclo Otto. Revista Pesquisa e Ação, v. 4, n. 1, p. 106-113, 2018.