



# **Desenvolvimento de Sistema de Propulsão para Veículo do Tipo Furgão Convertido para Tração Elétrica**

**diego meireles lopes**  
**mecbooks@gmail.com**  
**CEFET/RJ**

**Alessandra de Souza de Macedo**  
**alessandramacedo51@gmail.com**  
**UFRJ**

**Resumo:** O presente trabalho consiste do projeto parcial de concepção, especificação, implementação e avaliação de um sistema de propulsão para veículo comercial do tipo furgão, convertido para tração elétrica. A partir da caracterização do desempenho do sistema de propulsão original de um veículo disponível pelo CEFET/RJ, no estado, foram levantados parâmetros para especificação de um sistema substituto e composto por motor elétrico, inversor de frequência e baterias. Um novo sistema de transmissão foi concebido, dimensionado e produzido para integrar a saída do motor elétrico à entrada da caixa de transmissão original, mantida no projeto. Foram pesquisadas e realizadas adaptações na estrutura original do furgão, de modo a incorporar os novos componentes e a remover outros inadequados para a conversão proposta. A localização do banco de baterias foi estabelecida com atenção para a distribuição de carga na estrutura e para a estabilidade veicular. Os componentes mecânicos novos e os preexistentes que sofreram adaptações foram dimensionados ou verificados conforme as normas técnicas e as boas práticas de engenharia aplicáveis. O veículo modificado, com os novos sistemas montados e em operação, foi submetido a um conjunto de testes de laboratório e outros de campo, autorizados por uma portaria especial do DETRAN-RJ, visando à calibração orientada à busca de uma dirigibilidade satisfatória. O projeto demanda, ainda, uma ampla série de avaliações, mas já oferece resultados relevantes para caracterizar a viabilidade da conversão. A empresa fornecedora do equipamento elétrico, originariamente projetado para uso industrial, está testando uma nova linha destinada ao uso automotivo.

**Palavras Chave: Veículos Elétricos - Propulsão Veicular - Automobilística - Conversão - Tração Elétrica**



## 1. INTRODUÇÃO

As questões relativas à mobilidade urbana sustentável, à defesa do meio ambiente, à eficiência energética, ao aumento da demanda por energia e o esgotamento gradual das reservas de petróleo tem propiciado o desenvolvimento de novas tecnologias.

Entre as inovações tecnológicas do setor automotivo destacam-se os veículos puramente elétricos e os veículos elétricos híbridos, que nos próximos anos devem ser escolhidos como um meio de transporte sustentável nos grandes centros urbanos.

De acordo com dados do Electric Power Research Institute - EPRI, aproximadamente 98% dos deslocamentos nos centros urbanos são menores do que 80 km por dia, visto que distância média percorrida varia entre 40 a 60 km por dia.

Atualmente, os veículos puramente elétricos que já estão disponíveis para a comercialização no mercado nacional apresentam sistemas de fácil carregamento das baterias e podem percorrer em média 150 km com uma única recarga. Já os veículos híbridos possuem uma autonomia de aproximadamente 20km/l de combustível (Gasolina) em trechos urbanos.

Isto posto, os veículos elétricos aplicam-se como alternativa viável para a utilização em trechos urbanos de curtas e médias distâncias, atendendo a maioria das necessidades da população metropolitana.

Os primeiros veículos elétricos surgiram na década entre 1830 e 1840, utilizavam baterias não recarregáveis, ao final do século XIX, com a produção em massa de baterias recarregáveis, os veículos elétricos passaram por inúmeras transformações tecnológicas e tornaram-se os mais preferidos entre os carros a vapor e os veículos a combustão interna.

Segundo PECORELLI (2000) em 1918, foi inaugurada a linha de ônibus elétricos, na cidade do Rio de Janeiro, pela antiga Light & Power Co. Ltd. A linha circulava entre a Praça Mauá e o então existente Palácio Monroe, na outra extremidade da Avenida Rio Branco.

Na década de 1970, uma geração de carros elétricos foi desenvolvida em diversos países, inclusive no Brasil, com o lançamento do ITAIPU ELÉTRICO, fabricado pela extinta indústria nacional GURGEL S.A.

Contudo, medidas de racionalização e substituição do petróleo em vários cantos do mundo, como a do PROALCOOL, iniciado em 1975, foram eficazes sucedendo-se o declínio dos preços do petróleo, antes que os carros elétricos, em qualquer parte, pudessem firmar a sua utilização junto ao público.

O início da década de 90 foi marcado por inúmeras questões de ordem ambiental e energética cujos desdobramentos se tornariam irreversíveis em decorrência das repercussões de caráter mundial.

Temas desta ordem foram amplamente debatidos no Rio de Janeiro, na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO 92 como ficou conhecida e na qual participaram 126 chefes de estado que assinaram diversas convenções, inclusive a Agenda XXI, uma carta compromisso para ações futuras.



Na primeira década do novo milênio, após um período no qual as atividades voltadas para o desenvolvimento de veículos elétricos no Brasil se limitaram às iniciativas circunscritas ao âmbito das universidades e unidades de pesquisa, o mercado automotivo abriu suas portas para esse novo segmento, principalmente na produção de veículos elétricos híbridos.

Em 16 de abril de 2010 foi publicado no Diário Oficial da União – DOU a lei Nº 72, na Seção 1, Página nº 70, a PORTARIA Nº 279, DE 15 DE ABRIL DE 2010, que permite conversão de veículos movidos a motor de combustão interna para tração elétrica.

A motivação deste trabalho foi desenvolver um protótipo a partir da conversão do sistema de propulsão de um veículo comercial do tipo furgão, originalmente à combustão interna, para tração elétrica e avaliar a viabilidade técnica da conversão, além da proposta de utilização do protótipo como um laboratório para treinamentos de profissionais técnicos, através da disseminação da pesquisa e do desenvolvimento de veículos elétricos, a partir de tecnologias nacionais.



**Figura 1:** Kombi elétrica no evento Michelin Challenge Bibendum no Rio de Janeiro.

**Fonte:** Autoria Própria (2010).

Em suma, uma das mais importantes motivações para o desenvolvimento deste projeto é a preocupação com a mobilidade sustentável e a questão do ciclo de vida do produto final, pois não basta apenas produzir para o mercado consumidor, atualmente é necessário realizar todo o processo de forma sustentável, com a preocupação em reciclar o produto no final da sua vida útil.

## 2. A PRODUÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Os primeiros veículos elétricos utilizavam baterias não recarregáveis e foram produzidos entre 1830 e 1840 nos Estados Unidos da América. Em 1900, os carros elétricos eram mais comuns do que os carros a motor de combustão interna na maior parte das cidades americanas e europeias.



Em 1912, a marca de 34.000 veículos elétricos foi registrada nos EUA. Contudo, no ano de 1917, a divisão de veículos elétricos da GM produziu apenas um único caminhão para comercialização, pois as vendas declinaram devido ao desenvolvimento dos carros movidos com motores a combustão interna.



**Figura 2:** Taxi de Nova Iorque da frota de veículos elétricos em 1091.

**Fonte:** Larmine (2003).

Entretanto, os investimentos na indústria do petróleo contribuíram com o sucesso dos veículos a combustão interna, assim a comercialização dos veículos elétricos foi praticamente extinta durante a década de 1920 e 1930 e dizimados em meados do século XX.

Na década de 1970, a crise do petróleo foi desencadeada devido ao déficit de oferta, com o início do processo de nacionalizações e de uma série de conflitos envolvendo os produtores árabes da OPEP. Com isso, novos modelos de veículos elétricos foram produzidos.



**Figura 3:** Furgão elétrico modelo LE306 produzido pela montadora Mercedes Benz na Alemanha, com dispositivo de troca rápida do banco de baterias

**Fonte:** Larmine (2003).



Em 1974, a montadora Gurgel que foi fundada anos antes pelo engenheiro mecânico e eletricitista João Augusto Conrado do Amaral Gurgel, sediada na cidade de Rio Claro, no interior de São Paulo, apresentou um projeto pioneiro de veículo elétrico, o Itaipu, nome em referência à maior usina hidrelétrica do país.



**Figura 4:** Veículo GURGEL elétrico modelo ITAIPU

**Fonte:** Internet (2009).

Após alguns anos de pesquisa e desenvolvimento, no ano de 1980, foi lançado no país o veículo elétrico Itaipu E-400, um furgão monovolume, com desenho moderno e agradável para a época. O veículo era equipado com velocímetro, voltímetro, amperímetro e luz indicadora o nível de carga do conjunto de baterias de 175 Amperes/hora, do tipo chumbo ácido eram grandes e pesadas. O sistema de propulsão do veículo era equipado com uma transmissão manual, com câmbio de quatro marchas, a mesma utilizada nos veículos Volkswagen Kombi.



**Figura 5:** Veículo GURGEL elétrico modelo ITAIPU E-400

**Fonte:** Internet (2009).



Assim, utilizando peças semelhantes aos seus oponentes de mercado, facilitava a reposição em caso de quebra ou desgaste e reduzia seu custo industrial. Entretanto, a autonomia do veículo era de apenas 80 km com uma única recarga. Para cada recarga do banco de baterias era necessária em média 8 horas, numa tomada de 220 V.

O motor elétrico utilizado no veículo ITAIPU E-400 era um modelo de 8 kW, aproximadamente 11 CV, apresentava uma rotação máxima de 3.000 rpm e um consumo médio de 0,4 kWh/km, entretanto, o veículo apresentava uma velocidade máxima de 80 km/h.

Durante a última década do século XX, a primeira geração do Toyota Prius foi lançada no mercado japonês, o veículo modelo elétrico híbrido foi o primeiro produzido em serie e disponível no mercado no ano de 1997. Na primeira versão do modelo Toyota Prius, o veículo rodava o equivalente a 17 km/l. Na última década os seus novos modelos continuam liderando as vendas no seu segmento no âmbito global.

No Brasil, no ano de 2004, um consórcio para a fabricação de veículos elétricos foi celebrado inicialmente entre as empresas FIAT, KWO, WEG, MES-DEA e a Itaipu Binacional. A partir desse consórcio já foram produzidos diversos veículos, modelos Palio elétrico e Palio elétrico Weekend, consignados às empresas do setor elétrico, que estão circulando no país com o objetivo de aperfeiçoar os sistemas instalados e obter dados de testes no trajeto urbano.



**Figura 6:** Apresentação de lançamento do Palio Elétrico, na usina de ITAIPÚ (2010).

**Fonte:** Internet (2011).

Segundo o estudo de viabilidade econômico realizado pela Itaipu Binacional verificou-se que a montagem do veículo elétrico é uma iniciativa sustentável, quando considerada a possibilidade de uso nas instalações na usina e válido também para as demais empresas de energia elétrica. O projeto do Palio elétrico Weekend foi dividido em dois conjuntos: o mecânico e o elétrico.

O conjunto mecânico desenvolvido pela FIAT e adaptado na oficina de Itaipu, é composto por chassis, carroceria, suspensão e sistema de powertrain desenvolvido exclusivamente para tração elétrica. Por outro lado, o conjunto elétrico, fornecido pela Itaipu Binacional, é composto de motor elétrico, bateria, inversor e entre outros sistemas de controle.



Atualmente, devido as preocupações com o meio ambiente, particularmente com as emissões de poluentes geradas pelos transportes e a questão da dificuldade de mobilidade nos grandes centros urbanos, induziram a indústria automotiva a projetar novos modelos de veículos, associados ao desenvolvimento de novos tipos de propulsão veicular, novos tipos de combustíveis, baterias e células de combustível.



**Figura 7:** Apresentação de lançamento do novo BMW i3

**Fonte:** Internet (2018).

Essa a nova geração do Toyota Prius é o carro “verde” mais em conta do Brasil, em versão única por R\$ 126.600. O veículo tem uma combinação do motor à combustão interna com 1800 cilindradas, a gasolina, com potência de 98 cv e torque 14,2 kgfm com um motor elétrico de potência de 72 cv e 16 kgfm de torque, com autonomia de aproximadamente 18 km/l em trechos urbanos.



**Figura 8:** Apresentação de lançamento do novo Toyota Prius

**Fonte:** Internet (2018).



### 3. ESTUDO DE CASO

O projeto em questão promove o desenvolvimento de um novo sistema de propulsão veicular, anteriormente movido à combustão e atualmente convertido para tração elétrica. Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado um veículo da marca Volkswagen, modelo Kombi, ano 1982, equipada com motor de combustão interna de 1.6 litros, o qual foi substituído por um motor elétrico.

O projeto de conversão do veículo convencional para tração elétrica tem como objetivos:

- a) Desenvolver uma metodologia de conversão de veículos a combustão interna para tração elétrica utilizando componentes industriais fabricados no país.
- b) O protótipo será utilizado como um laboratório educativo para os alunos do curso técnico em Automobilística do CEFET/RJ.
- c) Desenvolver procedimentos de teste de veículos convertidos para tração elétrica.
- d) Aplicar os conhecimentos adquiridos na execução de futuros projetos relacionados a mobilidade sustentável.
- e) Utilizar o veículo para transporte de pessoas e cargas entre as duas instituições, CEFET/RJ e UERJ, bem como em exposições, desfiles e mostras educativas.
- f) Conhecer e estabelecer procedimentos para obtenção de licença para veículos convertidos para tração elétrica.
- g) Desenvolver procedimentos de cooperação entre as instituições públicas de ensino do CEFET/RJ e UERJ.
- h) Incentivar a utilização da tecnologia veicular elétrica tendo em vista seus benefícios energéticos e ambientais

Diversas atividades técnicas foram desenvolvidas ao longo destes últimos anos para a preparação do veículo elétrico convertido, este definido a partir da disponibilidade de uma antiga ambulância sucateada, modelo Kombi, ano 1982, da Volkswagen, desativada no campus Maracanã do CEFET/RJ.

As atividades iniciais do projeto de conversão do veículo iniciaram-se a partir dos entendimentos entre profissionais do Núcleo de Tecnologia Automobilística – NTA do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ – UnED Maria da Graça e do Grupo de Estudos de Veículos Elétricos – GRUVE, da Faculdade de Engenharia da UERJ, tais atividades começaram a partir do primeiro semestre de 2006, com o início do primeiro período letivo do Mestrado em Engenharia Mecânica da UERJ, pois alguns professores do CEFET/RJ tornaram-se discentes da disciplina de Sistemas de Propulsão Veicular, ministrada pelo Coordenador do GRUVE.

Inicialmente, o grupo de alunos do CEFET/RJ ficou incumbido da pesquisa e desenvolvimento do novo sistema de transmissão da Kombi para a preparação da conversão, posteriormente, os mesmos se envolveram na recuperação do veículo, montagem do novo



sistema de propulsão, entre outras atividades. Por outro lado o GRUVE ficou responsável pelos contatos com patrocinadores e o estabelecimento dos testes a serem procedidos, posteriormente esse grupo formado por membros da UERJ ficou responsável pela análise de desempenho do veículo, visando adequar o dimensionamento dos novos componentes eletroeletrônicos.

Em Abril de 2007, confirmou-se o patrocínio da empresa WEG Equipamentos Elétricos S. A. foi acertado, de modo que foi ofertado para o projeto de conversão do veículo, um motor elétrico em fase de testes para comercialização, um inversor de frequência, um carregador de baterias, um conversor DC-DC, bem como todo o suporte técnico para adequação destes componentes ao veículo, para o trajeto estipulado no estudo.

Em outubro de 2007, no 5º Seminário e Exposição de Veículos Elétricos A Bateria, Híbridos e de Célula Combustível – VE 2007, realizado no Centro Cultural Light – Rio de Janeiro, foram acertados outros contatos com novos parceiros, tais como Light S.A. além do apoio irrestrito, da Associação Brasileira do Veículo Elétrico – ABVE. Neste seminário foi apresentado um artigo sobre a Análise e Estudos da Conversão de uma Kombi para Tração Elétrica, esse trabalho foi o primeiro de muito apresentados pelo grupo gerado pela parceria da UERJ e CEFET – RJ.

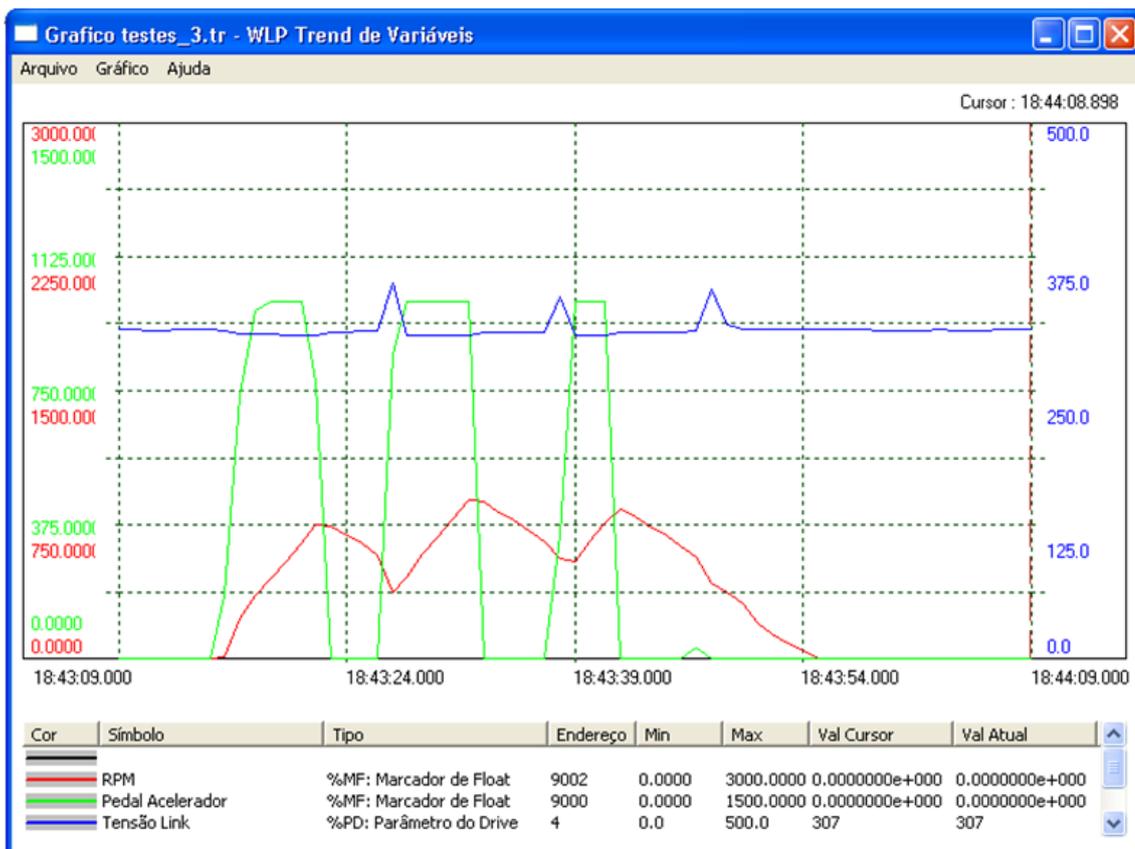
No segundo semestre de 2008, os alunos, supracitados, do curso de engenharia mecânica do CEFET/RJ iniciaram o projeto analítico e experimental do acoplamento entre o motor elétrico e a caixa de transmissão original do veículo, a partir do trabalho elaborado nas aulas da disciplina de Desenho de Máquinas, ministradas pelo orientador deste projeto final.

Em meados do ano de 2009, após o recebimento de todos os componentes elétricos foi iniciado, nas instalações do NTA, o trabalho de conversão do veículo, seguindo das etapas citadas neste trabalho.

Em Maio de 2010, o protótipo foi finalizado e apresentado no evento internacional Challenge Bibendum, recebendo premiação de participação. Em outubro do mesmo ano, o protótipo foi apresentado no evento “UERJ sem Muros” recebendo uma menção honrosa.

#### **4. RESULTADOS**

Os primeiros ensaios realizados foram os de calibração do sistema de aceleração, para verificar quais os melhores parâmetros adotados para o veículo satisfazer as condições de trajeto e dirigibilidade. Durante essa etapa inicial foram programados a velocidade máximo do motor, calibração do inversor de potência, tempo de aceleração, rotação mínima do motor para o veículo sair da inércia. Após todos os procedimentos de calibração foi realizado alguns testes em vazio, para a verificação de torque, rotação máxima e mínima.



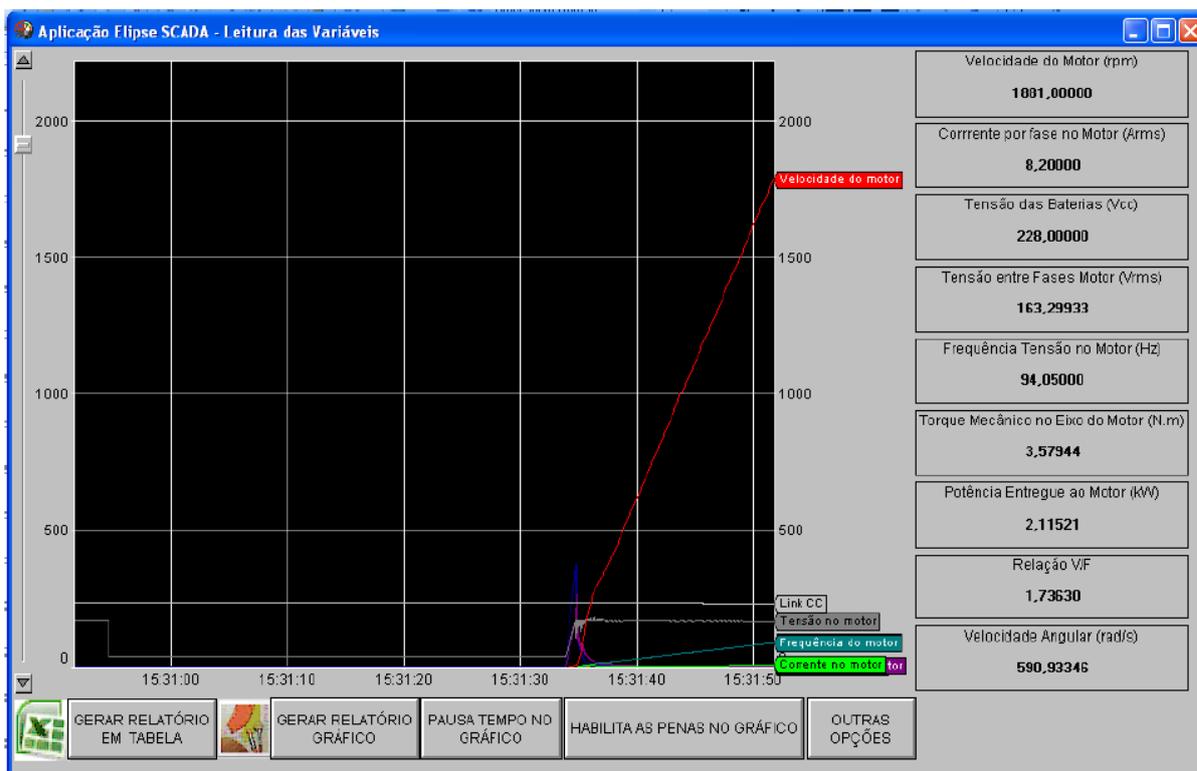
**Figura 9:** Dados de Calibração dos parâmetros do veículo em vazio.

**Fonte:** Autoria própria (2010).

De acordo com MACHADO e AGUIAR, para validar os dados adquiridos pela aplicação, foram realizadas medidas diretas, com multímetros e amperímetros, de tensão e corrente na entrada do inversor, tensão entre fases disponíveis na entrada do CEME e corrente por fase na entrada do mesmo. Os valores obtidos foram medidos em diversos valores de velocidade de rotação do CEME, na condição de veículo parado.

Conforme esperado os valores mostrados no sistema de supervisão quando a velocidade de rotação do CEME estava distante da nominal ficaram discrepantes em relação aos dados medidos diretamente. Contudo, quando a velocidade de rotação se aproximava da velocidade nominal de operação do CEME os valores mostrados pelo sistema de supervisão se mostravam coerentes com as medidas obtidas diretamente.

Entretanto, ainda por encontra-se em fase de testes, foi elaborado um sistema de supervisão de dados, para a realização dos testes de funcionamento do veículo. Nesse programa, utilizado a interface ELIPSE SCADA, foram utilizadas algumas equações que apresentam parâmetros de eficiência e fator de potência em condições nominais de operação, que foram fornecidos por dados aferidos pelo fabricante do motor.



**Figura 10:** Interface do programa de aquisição de dados

**Fonte:** Autoria própria (2010).

Os primeiros testes em trajeto urbano foram realizados no evento Michelin Challenge Bibendum, onde o veículo passou por diversas demonstrações nas instalações do RIO CENTRO e participou da carreta de veículos elétricos no Aterro do Flamengo. Ressalta-se que em todos os testes de percurso com o veículo foram realizados com o mínimo de duas pessoas: um motorista e um acompanhante, por questões de segurança limitou-se em 3 pessoas por vez.

## 5. CONCLUSÃO

A realização deste trabalho somente foi possível a partir da estreita relação institucional entre profissionais e alunos do curso de graduação em engenharia do CEFET/RJ, do Núcleo de Tecnologia Automobilística – NTA, situado na UNED Maria da Graça – CEFET/RJ e do Grupo de Estudos de Veículos Elétricos – GRUVE, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, situado no Laboratório de Sistemas de Propulsão Veicular e Fontes Eletroquímicas – LSPV e das empresas patrocinadoras do projeto.

Por fim, a proposta da conversão do veículo do tipo furgão se mostrou tecnicamente viável, ainda que sob o peso das restrições de equipamentos desenvolvidos de forma orientada para o projeto e pela legislação, quanto à possibilidade de realização de testes de campo.



## 6. REFERÊNCIAS

- BARRETO, Gilmar. **Veículo elétrico à bateria: contribuições à análise de seu desempenho e seu projeto**. 1986. 360f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BRANT, Bob. **Build Your Own Electric Vehicle**, 1993, McGraw-Hill Professional, ISBN 0830642315.
- BRASIL. PORTARIA Nº 279, DE 15 DE ABRIL DE 2010, que permite conversão de veículos movidos a motor de combustão interna para tração elétrica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 abr. 2010.
- BAS G. Vroemen. – **Component control for the Zero Inertia Powertrain**, Eindhoven : TechnischeUniversiteit Eindhoven, 2001. ISBN 90-386-2593-6
- COSTA, WASHINGTON DA. **Metodologia para conversão de veículos equipados com motores a combustão interna para tração elétrica: aplicação de motor síncrono de ímã permanente com fluxo magnético radial a um furgão**, Brasil. 2009.
- GOLDEMBERG; LEBENSZTAJN; PELLINI, **Artigo sobre a evolução do carro elétrico**, 2005.
- GURGEL **Itaipú E-400 elétrico**, Quatro Rodas nº 251 de junho de 1981.
- LARMINIE, James; LOWRY, John. **Electric Vehicle Technology Explained**, 2003, Inglaterra, John Wiley & Sons Ltd. ISBN 0470851635.
- LOPES, D.M, MARTINS, B M, CUNHA, S.J. – **Projeto de Sistema de Propulsão para veículo comercial do Tipo furgão convertido para tração elétrica, Engenharia Mecânica**, 2011, Projeto de Graduação – CEFET/RJ.
- NOCE, Toshizaemom, **Estudo do funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento**. PUC/MG, Belo Horizonte, 2010.
- OLIVEIRA, Eude Cezar de, **Modelagem e simulação de veículos elétricos híbridos**, USP, 2008.
- PECORELLI PERES, Luiz A., “**Veículos Elétricos: O limiar de uma era de transição**”, 2000, RJ.
- PECORELLI PERES, Luiz A.; COSTA, Washington et al., **Análise e estudos da conversão de uma Kombi para tração elétrica. Projeto conjunto da UERJ e CEFET/RJ. VE 2007 – 5º Seminário e Exposição de Veículos Elétricos a Bateria, Híbridos e de Célula Combustível**, INEE e ABVE, Centro Cultural Light – Rio de Janeiro – RJ, 2007.
- TAVARES, Paulo C.C, **Veículos Elétricos – Perspectivas de empresas de Energia Elétrica**, 2004.
- MACHADO, Felipe Nogueira & Aguiar, Felliipe Gonçalves - **Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados Aplicado ao Funcionamento do Motor de um Veículo Elétrico**, Engenharia Eletrônica, 2011, Projeto de Graduação – Universidade do Estado do Rio de Janeiro.