

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES**

**ISABELA MARIANA MANOEL**

**VIABILIDADE E PROJETO DE UM VEÍCULO ELÉTRICO**

Botucatu / SP  
Dezembro – 2009

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES**

**ISABELA MARIANA MANOEL**

**VIABILIDADE E PROJETO DE UM VEÍCULO ELÉTRICO**

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Nicolosi Bravin

Projeto de Conclusão de Curso apresentado à FATEC - Faculdade de Tecnologia de Botucatu, para obtenção do título de Tecnólogo em Curso de Logística e Transportes.

Botucatu / SP  
Dezembro – 2009

*“Não desista enquanto você ainda for capaz de fazer um esforço a mais. É nesse algo a mais que está a sua vitória”.*

Roberto Shinyashik

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me ajudou infinitamente desde o início do curso até a conclusão desta monografia.

Agradeço a pessoa mais importante da minha vida e que eu mais amo, minha mãe Solange, sempre companheira, me apoiou desde o início deste curso e principalmente na minha monografia.

Agradeço aos meus familiares que sempre torceram pelo meu sucesso em especial meus avós, tios e a minha sogra (obrigada por criar esta pessoa maravilhosa, meu namorado).

Agradeço também a uma pessoa muito especial, que me faz muito feliz e que eu amo muito, meu namorado Kleber que me incentivou e me ajudou para a realização deste objetivo.

Agradeço as pessoas especiais da faculdade, minhas eternas amigas, Andrea e Rosângela, que sempre me ajudaram, me deram força e me incentivaram. Obrigada, sem vocês não sei o que seria desta etapa da minha vida.

Agradeço aos meus companheiros de curso: Valwilson, Juliana, Marilda, Antonangele e em especial ao Denivani, pessoa guerreira que me fez enxergar a vida de uma forma diferente.

Agradeço especialmente ao meu orientador Prof. Luis Fernando, que me incentivou a fazer minha monografia e sempre esteve presente nos momentos em que precisei e sem ele nada disso teria se concretizado.

Agradeço ao Prof. Ieoshua Katz pelo apoio na confecção e formatação deste trabalho.

Agradeço aos professores da instituição, que me deram conhecimento para que eu pudesse crescer profissionalmente e pessoalmente e aos funcionários que sempre nos divertiram durante os intervalos.

Agradeço as pessoas que me ajudaram com dados para esta monografia, em especial ao Sr. Elifas Gurgel.

Enfim dedico este trabalho a todas as pessoas que torceram por mim e também pelas que não acreditaram no meu potencial.

## RESUMO

Sabe-se que o planeta passa por um grande desafio ambiental que é o efeito estufa. Um dos maiores contribuidores para tal é o setor de transportes, principalmente o rodoviário, que é o modal mais utilizado no Brasil, por possuir grandes dimensões territoriais e pela sua malha rodoviária ser bem desenvolvida. Os Gases com Efeito Estufa (GEE) são os grandes contribuidores para o efeito estufa. O principal causador deste evento, hoje em dia, é o CO<sub>2</sub>, produzido, em sua maior parte, por veículos com motores a combustão e movidos por combustíveis fósseis. Em favor a diminuição do efeito estufa foi criado o Protocolo de Kyoto, onde foi previsto uma redução média de 5,2% na redução de emissão de GEE nos países desenvolvidos com prazo até 2012. Vigorado em 2005, veio com iniciativa da criação de um mercado mundial de carbono. Outra alternativa são os combustíveis renováveis, ou biocombustíveis como o biodiesel, o etanol, as células de hidrogênio, que vem com a proposta de queima limpa, ou seja, menos poluente. Mas em contra partida temos as grandes indústrias de extração e beneficiamento de combustíveis fósseis que são muitas vezes subsidiadas pelo governo e onde importantes setores econômicos são dependentes. Este trabalho contribuirá de forma a ajudar a desenvolver uma técnica ainda pouco explorada que é o veículo elétrico movido a baterias, energia não poluente por não ter como princípio a queima de qualquer combustível. Mas não é tão explorada atualmente por algumas dificuldades encontradas, como autonomia e custo, em conjunto estão sendo desenvolvidos os veículos híbridos. No mundo já está começando a corrida tecnológica para os veículos elétricos e híbridos, onde todas as grandes indústrias querem mostrar seus modelos para este segmento. Neste trabalho, será apresentado um protótipo que foi modificado em Brasília onde foi utilizado um veículo convencional com motor a combustão, e foi transformado em um veículo composto por baterias e alimentado por energia elétrica, que é muito mais barato, hoje em dia, que os combustíveis fósseis. Será feito um comparativo de custos entre ambos os veículos para medir a viabilidade econômica e também os ganhos ao meio ambiente.

**Palavras – chave:** Biocombustíveis. CO<sub>2</sub>. Combustão. Combustíveis fósseis. Veículo Elétrico.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>4</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Justificativas.....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Poluição do meio ambiente.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Redução da matriz energética.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Protocolo de Kyoto no Brasil e o mercado de carbono.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Combustíveis renováveis.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5 Combustíveis fósseis.....</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Motor elétrico.....</b>	<b>20</b>
<b>2.7 Mercado mundial e o carro elétrico.....</b>	<b>20</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1. Estudo de caso.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Materiais empregados na pesquisa.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 Métodos empregados na pesquisa.....</b>	<b>26</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Valores dos componentes.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Viabilidade.....</b>	<b>36</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

### LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Emissões de CO <sub>2</sub> .....	13
2	A) Motor - Advanced Motor FB1-4001A. B) Controlador Curtis modelo1231C-8601; C) Conversor DC-DC; D) Bomba de vácuo; E) Diafragma da bomba de vácuo; F) Carregador de bateria Zivan NG3; G) Contactor Albright; H) Shunt; I) Caixa com potenciômetro - Pot Box; J) Fusível de 400A com suporte; L) Amperímetro; M) Voltímetro; N) Ventilador do controlador; O) Conectores; P) Interruptor inercial; Q) Suporte para 4 fusíveis. Relação das peças que serão usadas na conversão do veículo.....	24
3	Molde papelão.....	26
4	Desmontagem do motor a explosão.....	27
5	Bojo do alojamento do estepe cortado.....	28
6	Visão do motor elétrico.....	30
7	Veículo pronto.....	31
8	Bloco com 10 baterias.....	32
9	Veículo sendo carregado.....	33

**LISTA DE TABELAS**

Tabela		Página
1	Poluentes e suas principais fontes.....	14
2	Valores dos componentes.....	34
3	Comparação de custos.....	36
4	Custo de rodagem.....	36
5	Simulação gasto energético + valor do veículo.....	37

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CO<sub>2</sub> – DIÓXIDO DE CARBONO

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

Hab. – HABITANTE

TEP – TONELADA EQUIVALENTE DE PETRÓLEO

OIE – OFERTA INTERNA DE ENERGIA

PIB – PRODUTO INTERNO BRUTO

CO – MONÓXIDO DE CARONO

PPM – PARTE POR MILHÃO

SO<sub>2</sub> – DIÓXIDO DE ENXOFRE

PB – CHUMBO

NO – NOBÉLIO

NO<sub>2</sub> – DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

O<sub>3</sub> – OZÔNIO

IBP – INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISAS

BEN – BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL

PNGN – PLANO NACIONAL DO GÁS NATURAL

CBT – CÓDIGO BRASILEIRO DE TRÂNSITO

GNV – GÁS NATURAL VEICULAR

CONTRAN – CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO

**LISTA DE SIMBOLOS**

t – TONELADAS UNIDADE DE PESO 1000KG

Km<sup>2</sup> - QUILOMETRO QUADRADO UNIDADE DE ÁREA 1000M X 1000M

Mg.m<sup>-3</sup> – MILIGRAMAS POR METRO CÚBICO UNIDADE DE VOLUME

V – VOLTS UNIDADE DE TENSÃO ELÉTRICA

BBL – UNIDADE DE MEDIDA DE BARRIS

Kg – QUILOGRAMAS UNIDADE DE PESO

kPa – QUILOPASCAL UNIDADE DE PRESSÃO

Cm – CENTÍMETROS UNIDADE DE MEDIDA

CC-CC – CORRENTE CONTÍNUA

kOhms – QUILOOHMS UNIDADE DE MEDIDA DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA 1000  
OHMS

A – AMPÉRE UNIDADE DE MEDIDA DE INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

mm – MILIMETROS UNIDADE DE MEDIDA

Km – QUILOMETRO UNIDADE DE MEDIDA 1000M

Kw – QUILOWATT UNIDADE DE MEDIDA DE POTÊNCIA 1000 WATTS

Kwh – QUILOWATT POR HORA

Km/l – QUILOMETRO POR LITRO UNIDADE DE CONSUMO

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho foram abordados os problemas enfrentados, sobre o meio ambiente e a escassez das energias não renováveis, principalmente as derivadas do petróleo. E vem com a proposta de uma energia mais limpa para os veículos e menos prejudicial ao meio ambiente.

Sabe-se que os combustíveis fósseis são grandes emissores de Gases com Efeito Estufa (GEE) no meio ambiente, principalmente o CO<sub>2</sub>, e se tratando de um país como o Brasil, com grandes extensões territoriais, o transporte rodoviário acaba sendo a opção de transporte mais usada, transformando o planeta em uma grande estufa prejudicando todos os seres vivos nele existente.

Novas alternativas de combustíveis renováveis estão sendo estudadas como é o caso do biodiesel, do etanol e do hidrogênio (células de combustível), que são combustíveis mais limpos e ambientalmente corretos. Hoje em dia os combustíveis fósseis com maior participação na matriz energética do Brasil são o gás natural e o petróleo. Com o passar dos anos as energias não renováveis estão perdendo espaço para os meios alternativos, mas no mundo os subsídios concedidos à produção de combustíveis fósseis são extremamente significantes. Importantes setores econômicos estão alicerçados em atividades de extração, produção e uso dos principais combustíveis fósseis da nossa matriz energética (LIMA et al. 2006).

Para sanar estes problemas, estão sendo propostos alguns meios alternativos de energia e um deles é tratado neste trabalho que é o veículo elétrico. Para tal, será feita a transformação de um veículo a combustão em um veículo elétrico e serão avaliados os custos e benefícios que esta tecnologia traz.

Serão apresentadas as etapas de montagem de um veículo elétrico, desenvolvido no Brasil.

### **1.1 Objetivos**

O estudo tem por objetivo demonstrar os ganhos para o meio ambiente que os veículos elétricos podem proporcionar, os custos para se manter um veículo elétrico e a viabilidade econômica entre ele e um veículo com motor a combustão.

### **1.3 Justificativas**

Verificar a viabilidade econômica do veículo e os ganhos ambientais.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Poluição do meio ambiente**

Segundo Silva et al. (2003) de alguma forma, as atividades exercidas pelos seres humanos sobre a Terra provocam alterações ao meio ambiente. Na grande maioria estas alterações são provenientes da geração, manuseio e uso da energia. A maior razão para esta grande participação dos processos energéticos pode ser conferida em 1998, que segundo as Nações Unidas, 86% do consumo de energia primária foi proveniente de fontes de energia não renováveis (petróleo, carvão, gás natural e nuclear) e os 14% restantes são provenientes de fontes de energia renováveis. Apesar disto, segundo a Agência Internacional de Energia, no total de energia consumida em 1999, 53% foram consumidas em 24 países denominados pela ONU, como economias desenvolvidas, sendo que os aproximadamente 100 demais países, denominados de economias de transição, consumiram os 47% restantes. Esta enorme dependência das fontes de energia não renováveis tem agravado o esgotamento das fontes e aumentado significativamente a emissão de dióxido de carbono na atmosfera, como podemos observar na Figura 1.

Emissões de CO<sub>2</sub>

Indicador	Brasil	EUA	Japão	América Latina	Mundo
t CO <sub>2</sub> /hab	1,78	19	9,49	2,14	4,28
t CO <sub>2</sub> / tep OIE	1,48	2,45	2,3	1,83	2,39
t CO <sub>2</sub> / 10 <sup>3</sup> US\$ de PIB <sup>1</sup>	0,43	0,51	0,24	0,54	0,74
t CO <sub>2</sub> / km <sup>2</sup> de superfície	39	622	3.236	46	136

Nota: <sup>1</sup> US\$ em valores correntes de 2000

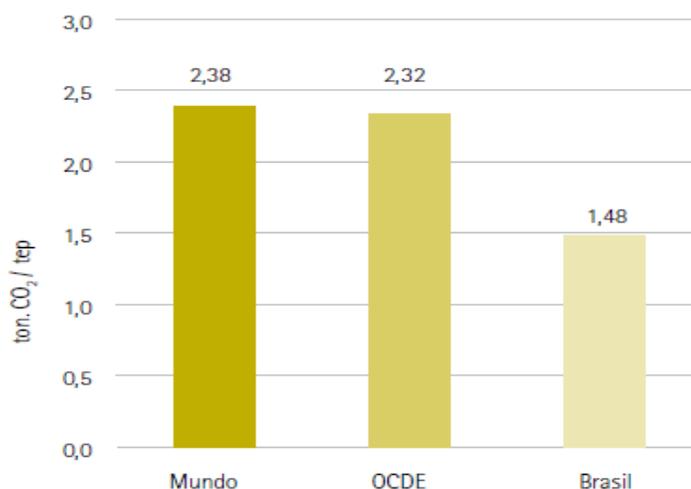


Figura 1. Emissão de CO<sub>2</sub> 2009.

Fonte: [www.ben.epe.gov.br](http://www.ben.epe.gov.br)

De acordo com Brito e Silva (2003) com o passar dos últimos séculos, as concentrações de Gases com Efeito Estufa (GEE) na atmosfera aumentaram muito. As concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) passaram de 280 para 360 ppmv (parte por milhão de volume). Na Tabela 1 pode-se observar os principais poluentes e suas fontes.

Tabela 1. Poluentes e suas principais fontes.

<b>Poluente</b>	<b>Principal fonte</b>	<b>Limite máximo suportado</b>
Monóxido de carbono (CO)	Escape de veículos motorizados; alguns processos industriais	10 mg.m <sup>-3</sup> em 8h (9 ppm) 40 mg.m <sup>-3</sup> em 1h (35 ppm)
Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> )	Centrais termoelétricas a petróleo ou a carvão; fábricas de ácido sulfúrico	80 mg.m <sup>-3</sup> num ano (0,03 ppm) 365 mg.m <sup>-3</sup> num dia (0,14 ppm)
Partículas em suspensão	Escape dos veículos motorizados; processos industriais; centrais termoelétricas; reação dos gases poluentes na atmosfera	75 mg.m <sup>-3</sup> num ano; 260 mg.m <sup>-3</sup> em 24h; compostas de carbono, nitratos, sulfatos e vários metais como o chumbo, cobre e ferro
Chumbo (Pb)	Escape dos veículos motorizados; centrais termoelétricas; fábricas de baterias	1,5 mg.m <sup>-3</sup> em três meses, sendo a maioria do chumbo contida em partículas de suspensão
Óxidos de Azoto (NO, NO <sub>2</sub> )	Escape dos veículos motorizados; centrais termoelétricas; fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico	100 mg.m <sup>-3</sup> num ano (0,05 ppm) para NO <sub>2</sub> , reage com hidrocarbonetos e luz solar para formar oxidantes fotoquímicos
Oxidantes fotoquímicos Ozono (O <sub>3</sub> )	Formados na atmosfera devido à reação de óxidos de azoto, hidrocarbonetos e luz solar	235 mg.m <sup>-3</sup> numa hora (0,12 ppm)
Etano, etileno, propano, butano, acetileno e pentano	Escape dos veículos motorizados; evaporação de solventes; processos industriais; lixos sólidos; utilização de combustíveis	Reagem com óxidos de azoto e com a luz solar para formar oxidantes fotoquímicos
Dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	Todas as combustões; uso de combustíveis fósseis; desflorestamento e alteração dos usos dos solos	São perigosos para a saúde quando em concentrações superiores a 500 ppm em 2-8h

Fonte: Brito e Silva, 2003

Conforme apresentado na Tabela 1, pode-se observar que qualquer um dos poluentes atmosféricos está contido na emissão de gases de combustão dos veículos automóveis.

## 2.2 Redução da matriz energética

A América Latina, principalmente o Brasil sofrem com a redução da matriz energética. O Brasil por se tratar de um país com grandes dimensões territoriais acaba dependendo muito do modal de transporte rodoviário, que é o modal vilão no consumo de petróleo.

Algumas medidas já estão sendo tomadas para tentar minimizar o consumo de energia nos transportes:

- Substituição dos modais, com uso do transporte ferroviário no lugar do rodoviário;
- Substituição do transporte urbano individual pelo coletivo;
- Aumento da eficiência energética dos veículos, substituindo os motores acionados por combustão interna pelo acionamento elétrico (ERBER, 2009).

### **2.3 Protocolo de Kyoto no Brasil e o mercado de carbono**

Segundo Gutierrez (2007), a principal iniciativa no combate ao efeito estufa, foi a criação do Protocolo de Kyoto, no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (CQNUMC). Em 1997, foi previsto nele a redução média de 5,2% na emissão de GEE (gases com efeito estufa), no grupo dos países desenvolvidos, com prazo previsto para 2012, tendo como referência as emissões do ano de 1990, e concomitantemente isentando a redução dos países em desenvolvimento. O Protocolo, que entrou em vigor em fevereiro de 2005, cria bases formais para o surgimento de um verdadeiro mercado mundial de carbono.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que tem como principal interessado o Brasil, permite o financiamento internacional de projetos redutores de GEEs e geradores de reduções certificadas de carbono (créditos de carbono), como integrante dos esforços de redução pelos países do Anexo I (basicamente países desenvolvidos e países pertencentes à extinta União Soviética), que de acordo com o Protocolo, são os principais responsáveis pelo aquecimento global. Potencialmente, o MDL passa a ser uma oportunidade para países em desenvolvimento, como no caso do Brasil, para atração de investimentos e absorção de tecnologia, assim como atração de divisas destinadas à aquisição de reduções certificadas.

### **2.4 Combustíveis renováveis**

Segundo D'Arce (2005) os biocombustíveis são energias renováveis e originárias de biomassas. Quando utilizadas liberam uma quantidade consideravelmente menor de gases poluentes se comparados com os combustíveis derivados do petróleo. Os mais conhecidos são:

- Biodiesel;
- Hidrogênio;
- Álcool (etanol);

- Ar comprimido.

Segundo Freitas (2004), Biodiesel é um combustível de queima limpa, derivado da reação química de fontes de energia naturais e renováveis, que vem sendo testado em veículos automotores, com o objetivo de redução dos gases causadores do efeito estufa oriundos da poluição dos derivados do petróleo.

Algumas vantagens do Biodiesel:

- A queima dele gera baixos índices de poluição;
- Gera emprego e renda rural, desfavorecendo o êxodo rural;
- Depende da plantação de grãos oleogenosos no campo;
- O Biodiesel é um excelente lubrificante, que pode aumentar a vida útil do motor;
- Como a maioria dos veículos rurais utilizam diesel como combustível, o Biodiesel acaba sendo uma alternativa mais barata, eles acabam sendo auto-suficientes e diminuem os custos;
- O Biodiesel tem baixo risco de explosão, precisa de uma fonte de calor com mais de 150 graus Celsius;
- Devido ao seu baixo risco de explosão, possui fácil transporte e armazenamento;
- Para utilizar o Biodiesel, os motores não precisam sofrer nenhum tipo de adaptação.

Algumas desvantagens do Biodiesel:

- Se usado em larga escala serão necessárias grandes áreas de plantações, gerando um alto nível de desmatamentos, sendo assim ocasionado diminuição de reservas florestais;
- Os grandes volumes de glicerina gerados como subproduto do Biodiesel, deverão ser vendidos ao um preço mais baixo do que o de mercado, podendo assim afetar o mercado óleo-químico (BIODIESELBR, 2005).

De acordo com Serpa (2004), a base do hidrogênio está no fornecimento de energia limpa (produto: energia, água e calor, sem poluição), constante e ilimitada.

Vantagens das células de combustível (hidrogênio):

- Rendimento combinado elevado;
- Redução na emissão de poluentes;
- Redução nos níveis de ruídos;
- Facilidade de instalação;
- Boa capacidade para segmento da carga.

Desvantagens:

- Custos iniciais elevados;
- Exigência por combustíveis de elevada pureza;

- Deficiência de mão-de-obra especializada;
- Maior parte da tecnologia ainda em fase de demonstração.

Algumas aplicações:

- Transportes;
- Aeronaves;
- Aplicações portáteis;
- Indústria;
- Hospitais;
- Escolas;
- Aeroportos.

(ALMEIDA, 2005)

De acordo com Marccocia (2007) o etanol é utilizado como combustível desde o início do século XX , mas foi a partir da década de 70 que seu consumo em larga escala foi efetivada pela primeira vez no mundo, devido à primeira crise do petróleo. Por meio do PROÁLCCOL (Programa Nacional do Álcool) foram estabelecidas bases para sua produção, distribuição e comercialização.

Algumas vantagens do uso do álcool:

- Seu valor pode chegar a 40% menos do que o da gasolina;
- O consumo do motor a álcool é maior do que o da gasolina, porém se vendido a 30% mais barato, ainda é vantajoso;
- É menos poluente;
- É produzido a partir de matérias-primas renováveis;
- Quantidade de CO<sub>2</sub> emitido é bem menor, ou seja, menos poluente.

Desvantagens:

- Atenção no nível reservatório de partida a frio;
- Maior poder corrosivo que a gasolina;
- Pelo menor poder calorífico que a gasolina, gera um consumo maior.

Segundo Sampaio (2005), o ar comprimido não é uma fonte energética. Na verdade a fonte de alimentação e recarga dos cilindros é feita através de eletricidade. Esta tecnologia esta sendo pesquisada na França e na Coréia. O funcionamento do motor a ar comprimido é feito através de cilindros de ar comprimido que ficam alojados sob o chassi. O ar segue por meio de dutos até um motor e a potência produzida é transferida às rodas por uma transmissão comum. O motor em teste na empresa francesa MDI possui 30 CV de potência e 6 kgf/m de torque, autonomia entre 200 e 300 Km e o abastecimento é feito através de injeção de ar

comprimido em postos da própria empresa em cerca de 4 minutos, ou ligando o veículo numa tomada 220V, o que levaria 3 a 4 horas para abastecê-lo. O rendimento do motor está estimado em 20% a mais do que os motores a combustão atualmente, e os custos com manutenção, ficaria próximo de um terço.

## 2.5 Combustíveis fósseis

Segundo Lima et al. (2006), no mundo os subsídios oferecidos à produção de combustíveis fósseis são muito grandes. Importantes setores econômicos estão fundamentados em atividades de extração, produção e uso dos principais combustíveis fósseis da nossa matriz energética:

- Carvão;
- Petróleo;
- Gás Natural.

O petróleo é uma substância oleosa, inflamável, menos densa que a água, com cheiro característico e com cor variando entre negro e castanho escuro.

Apesar de ter sido motivo de muitas discussões no passado, hoje se têm a certeza da sua origem orgânica, sendo uma combinação de moléculas de carbono e hidrogênio. Sabe-se que esta origem está ligada à decomposição dos seres que compõem o plâncton, causada pela pouca oxigenação e pela ação das bactérias. Estes seres decompostos foram, ao longo de milhões de anos, se depositando no fundo dos mares e lagos, e sofrendo pressão pelos movimentos da crosta terrestre, transformando-se na substância petróleo.

Diferente do que se pensa, o petróleo não permanece na rocha onde foi gerado (rocha matriz), mas desloca-se até encontrar um terreno apropriado para se depor. A estes terrenos se dá o nome de bacias sedimentares, que são formadas por camadas ou lençóis porosos de areia, arenitos ou calcários. O petróleo se depõem ali, ocupando os poros rochosos como forma de “lagos”. Ele se acumula formando jazidas, onde são encontrados o gás natural, na parte mais externa e petróleo e água na parte mais interna.

O transporte do petróleo é feito por meio de embarcações, caminhões, vagões ou tubulações (oleodutos e gasodutos), pelo motivo dos campos petrolíferos estarem distantes dos terminais e refinarias de óleo e gás (CEPETRO, 2009).

Devido a necessidade de novas jazidas de petróleo a Petrobrás voltou a explorar as camadas do pré-sal nas imediações de Sergipe – Alagoas, pois nos anos 80 quando foi explorada pela primeira vez, a Petrobrás não possuía tecnologia suficiente para exploração de

águas profundas. Com o avanço tecnológico, a exploração se intensificou nos dias de hoje, fazendo com que a Petrobrás explorasse águas cada vez mais profundas. Os resultados obtidos, até o momento, convergem para uma nova província exploratória de dimensões gigantescas. Somente no caso do Campo de Tupi, na Bacia de Santos, por exemplo, os volumes divulgados pelo consórcio formado por Petrobrás, BG Group e Galp indicam a presença de 5 a 8 bilhões de barris de petróleo recuperáveis - que correspondem a uma faixa entre 30% e mais de 50% das reservas totais da Petrobrás. Estes recursos elevarão as reservas, de 14 bilhões de barris de petróleo equivalente (TEP), para mais de 25 bilhões de barris de petróleo equivalente (IBP, 2009).

Conforme dados do BEN (2009), a produção de petróleo chegou a 1.815 ( $10^3$  bbl/dia), em 2008, um aumento de 3,5% se comparado a produção de 2007, 1.753 ( $10^3$  bbl/dia). Na produção de seus derivados o óleo diesel foi o item de maior produção em 2008, 40.804 ( $10^3\text{m}^{-3}$ ), seguido da gasolina com 20.291 ( $10^3\text{m}^{-3}$ ). Sua participação na matriz energética chegou a 36,7% em 2008, 0,7% menor que 2007 que chegou a 37,4%.

De acordo com Santos et al. (2002), em 1987 o governo do Brasil criou o conhecido Plano Nacional do Gás Natural (PNGN), estabelecendo metas e diretrizes executivas que consentiam elevar a participação do gás natural na matriz energética nacional para próxima de 10% até o ano de 2000.

O gás natural permite grandes vantagens quando substitui o diesel, o óleo combustível e o carvão em utilizações comerciais, industriais ou na geração de eletricidade. Com as novas tecnologias o gás natural tem grande potencial para ter ganhos ambientais e uma maior eficiência energética.

Conforme dados do BEN (2009), o crescimento na participação do gás natural na matriz energética do Brasil, atingiu 10,3% e é um dos destaques dentre os resultados apurados em 2008. Segundo a síntese dos resultados nos principais parâmetros, a produção de gás natural de 2008 superou 2007 em 19%. A participação do gás natural como uso veicular atingiu 6,7 ( $10^6\text{m}^{-3}.\text{dia}$ ).

## **2.6 Motor elétrico**

Segundo Tancon et al. (1998), a energia elétrica é uma fonte de energia totalmente livre de emissões por não utilizar a energia da queima de combustíveis. Tal energia é adquirida de usinas hidroelétricas, termoelétricas ou termonucleares. O motor movido a eletricidade pode ser usado em veículos leves, médios e pesados. A energia pode ser captada por rede aérea, como no transporte urbano de passageiros em algumas cidades brasileiras, ou por meio de baterias, onde os veículos possuem baterias que estocam energia, tornando-os mais versáteis. Ainda que não poluente, o veículo elétrico ainda não é comercializado devido a sua baixa autonomia e a disponibilidade que se deve ter para recarregar suas baterias. Para vencer essa deficiência, foi criada a opção do automóvel híbrido, o qual possui um motor à combustão interna movido a álcool ou gás natural, e outro motor elétrico.

## **2.7 Mercado mundial e o carro elétrico**

Desde o início do século XX, os veículos elétricos são fabricados, e pela maior eficiência energética sempre foram considerados uma alternativa para o setor de transporte. Além de serem ecologicamente corretos, por não poluírem o ambiente, outra vantagem é a isenção de ruídos.

Para se comprovar a viabilidade comercial dos veículos elétricos, uma experiência relevante foi o projeto europeu “Linha Azul”, implantado na cidade de Portugal entre 2002 e 2005, onde ônibus elétricos circulavam pelas áreas turísticas de Portalegre, Bragança, Vizeu e Coimbra, com pistas exclusivas, viabilizando o transporte dos visitantes, com baixos níveis de ruídos e sem a emissão de poluentes.

Outro tipo de veículo elétrico é o trolebus, mais conhecidos como aqueles ônibus ligados às redes elétricas, porém pelo elevado custo de manutenção e aumento do tráfego urbano, este tipo de veículo não tem previsão de expansão (GOLDENSTEIN E AZEVEDO, 2006).

Nas montadoras nas cidades de Tóquio, Stuttgart e Detroit, o intuito é desenvolver uma tecnologia alternativa, prevendo uma gradativa substituição de motores à combustão por sistemas alternativos. Um exemplo é a Ford, que em 1996, nos Estados Unidos, superou a venda em 90% dos carros com energia alternativa que foram produzidos. A sua gama de produção engloba veículos movidos a gás natural, propano e eletricidade (TANCON et al. 1998).

O veículo elétrico, híbrido ou puro, provocará uma revolução industrial e energética no mundo nas próximas décadas, golpeando em especial os combustíveis líquidos. Porém o etanol vegetal permanecerá e crescerá, afirmam especialistas brasileiros. A atual indústria automobilística estará extinta dentro de 15 anos, se a produção chinesa de carros elétricos atingirem suas metas. Se isso acontecer, o crescimento do etanol será menor que o previsto pelo governo brasileiro e será interrompida em 2020.

A montadora chinesa BYD (Build Your Dreams – Construa Seus Sonhos), que iniciou como uma fábrica de baterias, pretende alcançar a marca de 700 mil carros elétricos em 2010 e sua meta é aumentar sua produção anual para 8 milhões de unidades até 2025, sendo metade exportação. O governo chinês decidiu elevar a China como potência automobilística nos seguimentos de carros movidos a bateria e híbridos subsidiando a produção dos mesmos.

No mundo, teve início a corrida tecnológica que mostra os numerosos modelos de veículos elétricos. Praticamente todas as grandes indústrias estão produzindo esse tipo de veículo.

Nos países ricos, os governos subsidiam em grande parte o desenvolvimento e a venda desses carros. A General Motors, salva da falência pela intervenção do governo norte-americano, espera se recuperar com a venda de um modelo híbrido recarregável que poderá desequilibrar o mercado, pois não tem compromissos com a indústria petrolífera nem com a velha indústria automobilística.

As baterias ainda são caras e grandes, também exigem muitas horas de recarga para percorrer trechos limitados, o que continua sendo um inconveniente do veículo elétrico. Mas sua adequação é uma questão de tempo, pois para seu desenvolvimento está se investindo muito pelas indústrias automobilísticas, informática e telefonia celular. Acredita-se que o futuro depende mais das disputas políticas do que de fatores técnicos. Apesar de toda pressão por parte de indústria metal-mecânica e das companhias do petróleo, Estados Unidos, Europa e Japão farão de tudo para impedir que a China se converta em uma potência automobilística, e não se deve descartar uma ação protecionista que poderia ocasionar outra recessão no mundo.

Com a redução do consumo, o petróleo teria seu valor diminuído dentro de uma previsão de dez anos. Contudo o Brasil pouco aproveitaria a exploração das jazidas de petróleo encontradas na camada de pré-sal.

Segundo prevê Paulo César Lima, assessor da Câmara dos Deputados, em 2030 30% dos veículos a serem fabricados serão elétricos. Afirma também que a exploração do pré-sal,

se tornaria inviável em quatro décadas, uma vez que o barril do petróleo se tornaria muito barato. Para ele o fator determinante seria a questão ambiental (OSAVA, 2009).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Estudo de caso**

Foi feita a descrição das etapas da substituição de um motor à combustão por um motor elétrico em um veículo automotivo, para se comparar a viabilidade entre os veículos elétricos e os veículos a combustão. O veículo utilizado foi o Gol Trend AT 1.0.

#### **3.2 Materiais empregados na pesquisa**

As peças que foram usadas na confecção do motor elétrico estão apresentadas na Figura 2.



- Motor - Advanced Motor FB1-4001A - Controlador Curtis modelo 1231C-8601



- Conversor DC-DC



- Bomba de vácuo



- Diafragma da bomba de vácuo



- Carregador de bateria Zivan NG3



- Contactor Albright



- Shunt (será ligado ao amperímetro)



- Caixa com potenciômetro - Pot Box (responsável pela aceleração do carro)



- Fusível de 400A com suporte



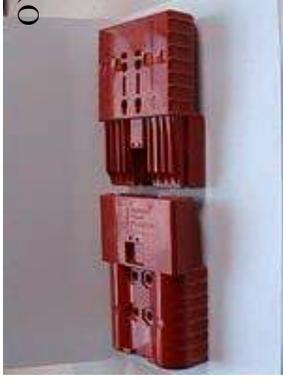
- Amperímetro



- Voltímetro



- Ventilador do controlador



- Conectores



- Interruptor inercial



- Suporte para 4 fúsiveis

(desliga o sistema em caso de colisão)

Figura 2. A) Motor - Advanced Motor FB1-4001A. B) Controlador Curtis modelo 1231C-8601; C) Conversor DC-DC; D) Bomba de vácuo; E) Diafragma da bomba de vácuo; F) Carregador de bateria Zivan NG3; G) Contactor Albright; H) Shunt; I) Caixa com potenciômetro - Pot Box; J) Fusível de 400A com suporte; L) Amperímetro; M) Voltímetro; N) Ventilador do controlador; O) Conectores; P) Interruptor inercial; Q) Suporte para 4 fúsiveis. Relação das peças que serão usadas na conversão do veículo.

Fonte: GURGEL, E. 2008

### 3.3 Métodos empregados na pesquisa

Segue a descrição das etapas da adaptação do veículo elétrico, através de uma entrevista feita com o engenheiro Elifas Gurgel.

Construindo o sistema de acoplamento do motor elétrico ao câmbio original do gol:

O veículo permanecerá não só apenas com o câmbio original, mas também com o sistema de embreagem.

São realizadas medições, avaliações e a confecção do molde em papelão para fazer o corte do flange e a criação das outras peças, como observa-se na Figura 3.



Figura 3. Molde papelão.

Fonte: GURGEL, E. 2009

Na sequência, será feita a peça que se acoplará no motor elétrico e no volante do motor. Essa peça será feita a partir de um cilindro de aço e com a ajuda de um torno mecânico, onde será utilizado apenas como modelo as medidas do virabrequim original do motor AT 1.0 do gol.

O volante do motor terá seu peso reduzido, pois o motor elétrico não produz vibrações se comparado ao motor a explosão. Percebeu-se que não há a necessidade de se utilizar rolamento de apoio para a proteção do motor quanto à embreagem.

Foi feita a peça de adaptação do volante ao motor e dois flanges de alumínio. Estes flanges foram feitos para diminuir o peso, pois entrou no lugar de um flange de aço que se adapta à carcaça do câmbio. Esta substituição chegou a diminuir cerca de 3 Kg do peso do volante.

Depois de terminado o sistema de acoplamento do motor elétrico ao câmbio original, vale ressaltar que o alinhamento do motor elétrico com o câmbio é de extrema importância.

Após o alinhamento o flange será soldado na carcaça junto aos outros que permitirão o alinhamento do motor elétrico ao câmbio, também foi utilizada uma peça de nylon que foi projetada pra centralização de todo o conjunto.

Agora será feita a desmontagem do motor a explosão. Mas antes deve ser feita a medição da altura do carro na região das rodas, pois quando forem adicionadas as baterias esta medida não poderá ser modificada. Outra medida importante foi a da depressão do coletor de admissão a ser introduzida no hidrovácuo, onde foi encontrado menos de 59 kPa. Na Figura 4, mostra a desmontagem do motor a explosão.



Figura 4. Desmontagem do motor a explosão.

Fonte: GURGEL, E. 2009

Agora tem outra preocupação que é a regularização do veículo. O primeiro passo é emitir um pedido ao órgão estadual de trânsito, no qual o veículo foi licenciado, neste caso o Departamento Estadual de Trânsito - DETRAN-DF. Este requerimento foi baseado no art. 98 do Código Brasileiro de Trânsito (CBT). Neste artigo encontra-se a afirmação de que qualquer modificação das características em um veículo deverá ser previamente autorizada pela autoridade competente. Após a análise do pedido saiu a notificação que o DETRAN-DF não poderia conceder a solicitação pleiteada por falta de amparo regulamentar. Conseqüentemente foi feito um contato com o diretor do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, onde foi requerido que a conversão de veículos elétricos fosse regularizada assim como a conversão para álcool e GNV. Em função da solicitação, foi encaminhado para a Câmara de

Temática de Assuntos Veiculares – CTAV, para estudo do assunto, onde Elifas Gurgel foi convidado a participar para exposição de maiores detalhes do projeto.

Além do Art. 98 do CBT, as Resoluções do conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN nº 25, de 21 de maio de 1998, nº 201 de 25 de agosto de 2006, e nº 232 de 30 de março de 2007, tratam do tema.

Tendo em vista ter parâmetros de comparação com o veículo original, após a conversão, o veículo foi submetido ao dinamômetro e a uma inspeção veicular.

Após a inspeção começou a montagem do motor elétrico no veículo. Para fazer o suporte do motor foram utilizadas chapas de alumínio. As chapas foram soldadas e abraçaram o motor na parte inferior e na parte superior. Fixadas a elas foram soldadas duas chapas que irão se apoiar nos coxins. Foram utilizados os coxins do Opala com motor de 4 cilindros em virtude de esses serem mais apropriados, pois os coxins do gol não suportam o peso do motor elétrico. Após a soldagem as duas peças foram pintadas e parafusadas. Os suportes foram montados utilizando junta de papelão para melhorar a fixação ao motor elétrico.

Depois da montagem do motor elétrico, foi feito o desenvolvimento da caixa de baterias. Foi no porta-malas que a caixa de baterias ficou alojada. Essa caixa tem a capacidade para acomodar 30 baterias de íon de lítio modelo TS-LFP150AHA ou modelo TS-LFP160AHA. Precisou-se de algumas chapas dobradas e cantoneiras para confecção do suporte para a caixa de baterias. As dimensões da caixa são: 73 cm de largura, 60 cm de profundidade e 35 cm de altura.

O local do alojamento do estepe deverá ser cortado para colocação das caixas de bateria, como se pode observar na Figura 5.



Figura 5. Bojo do alojamento do estepe cortado.

Fonte: GURGEL, E. 2009

As caixas tiveram que ser reforçadas com perfis quadrados para aumentar a rigidez e agüentar o peso das baterias. É importante lembrar que a caixa deve ser colocada na mesma altura do chão em que se encontrava o bojo do estepe.

Após a colocação das caixas de bateria, tem o desenvolvimento do suporte das baterias que serão instaladas na frente do gol. Para construir o suporte foi usado perfil em “L” nº 16 com 2,5 cm de largura e perfil quadrado de chapa de aço nº 14 de 2 X 4 cm. O suporte original do gol teve que ser eliminado para a colocação do suporte das baterias. O Suporte foi totalmente parafusado na estrutura, para na eventualidade da necessidade da remoção. Depois de instalado o suporte foi pintado.

Foi desenvolvido o suporte da plataforma de controle. Para o suporte foi utilizada uma cantoneira de aço de 1,5 cm de lado. O suporte foi fixado utilizando os parafusos existentes na estrutura original do Gol. Precisou ainda reforçar as estruturas de fixação do suporte ao carro. Para a plataforma foi escolhida uma chapa de nylon de 1,2 cm de espessura. Depois de instalada a plataforma foi pintada.

Depois foi desenvolvida a conexão de energia elétrica para carregar o banco de baterias. O local de abastecimento elétrico do Gol será o mesmo do antigo abastecimento de gasolina ou álcool. Foi então feito um molde de papelão para fazer um cilindro de aço onde será fixada uma tomada macho de energia elétrica que irá alimentar o carregador de baterias.

Depois de colocada a conexão será feita a instalação do carregador de baterias e do conversor CC-CC. A decisão foi de instalar tanto o carregador de baterias quanto o conversor CC-CC na parte traseira do banco dos passageiros, pois tendo em vista que o local onde se encontra o motor sofre bastante com as agressões externas, por isso, considerando que são equipamentos sensíveis, eles foram colocados na parte interna do Gol. Para fixar o carregador foram utilizados coxins para absorver as vibrações. Esses coxins são os mesmos utilizados no radiador do Gol. Tendo em vista não rasgar a parte traseira do banco, foram utilizadas duas chapas de aço para fixar os coxins que seguram o carregador de baterias no lado oposto.

Foi instalado o pedal do acelerador e Pot Box. O pedal do acelerador original do Gol geração IV modelo Trend é elétrico. Internamente existe uma placa com uma trilha resistiva e um cursor. O valor dessa placa é diferente do necessário para o sistema, que é de 5 kOhms. Foi necessário recorrer a um pedal do sistema convencional com cabo e se desenvolver uma plataforma compatível com a original.

Depois foi a vez da instalação da bomba de vácuo e do interruptor com o diafragma. Eles serão instalados ao lado do suporte das baterias dianteiras. Após a instalação deverá ser

feito o ajuste da depressão por meio de um manômetro que foi medida antes da desmontagem do motor do carro.

Depois da instalação da bomba à vácuo e do interruptor, será a vez dos componentes na plataforma de controle. A decisão final foi montar os componentes sobre uma plataforma de nylon. Entretanto, como a idéia anterior era utilizar um compensado naval, foi feito um teste da distribuição dos componentes nessa plataforma. Na parte superior da plataforma foram instalados o controlador, os contactores, o shunt, o fusível de 20A e a caixa de 4 fusíveis. Foi utilizada pasta térmica para a instalação do controlador. Na parte inferior da plataforma, foram instalados o ventilador do controlador e o fusível de 400 Ampères. A decisão foi fazer a montagem da fiação na parte debaixo da plataforma de controle tendo em vista deixar a parte superior mais limpa e ainda em função do pouco espaço disponível na parte superior.

Foi feito o lançamento do cabo de alimentação de corrente contínua para o motor. Primeiro deve ser feita verificação do local de saída dos cabos que irão alimentar o motor. Após serem protegidos por uma mangueira os cabos foram unidos e preparados para serem instalados. Os cabos foram fixados no compartimento do motor que serão conectados ao banco de baterias dianteiro e à plataforma de controle. Na Figura 6 podemos observar o motor elétrico do veículo.



Figura 6. Visão do motor elétrico.

Fonte: GURGEL, E. 2009

Depois do lançamento dos cabos de alimentação, é a vez da instalação dos instrumentos de medições elétricas. O voltímetro e o amperímetro foram instalados dentro de uma caixa metálica. Foi feito um chicote com 6 fios, 2 fios para o voltímetro, 2 fios para o

amperímetro e 2 fios para as luzes de iluminação dos instrumentos. O voltímetro e o amperímetro foram fixados ao painel por meio de fita adesiva dupla face. Os conectores do voltímetro e do amperímetro serão ligados à plataforma de controle. Agora será feito o primeiro teste com o veículo elétrico.

Após o teste foi feita a integração do sistema elétrico original do gol aos componentes e sistemas instalados. A intenção é não intervir diretamente no chicote original e sim em um chicote adquirido especialmente para isso. Então foi adquirido em um ferro velho um chicote semelhante ao do gol. O chicote foi totalmente aberto. Após a definição dos fios que devem permanecer no novo chicote, o novo chicote foi feito com o uso de fita apropriada. O módulo de controle foi retirado tendo em vista que não tem mais nenhuma utilidade. Após a conclusão da instalação do novo chicote foram feitos os testes com o carro. Foram percorridos 6,5 km e verificado o correto funcionamento do hodômetro, velocímetro e todos os demais componentes do sistema elétrico original do Gol.

O carro foi submetido à inspeção veicular, o qual passou por testes e ensaios que atendeu satisfatoriamente e foi aprovado pelo órgão regulamentador. Pode-se observar na Figura 7 o veículo elétrico já pronto no dia da inspeção.



Figura 7. Veículo pronto.  
Fonte: GURGEL, E. 2009

Devido ao peso das baterias observou-se a necessidade da troca do sistema de suspensão traseira do veículo, o qual teve suas molas substituídas por molas usadas em kits de GNV e os amortecedores trocados por amortecedores mais altos. Após a instalação foi feita a medição e constatou que o veículo teve um acréscimo em sua altura de 3 cm.

Após os testes baterias do tipo Íon – Lítio. Um conjunto de suportes acompanhou a bateria, porém sabendo que as baterias da parte dianteira foram instaladas na posição horizontal, foi necessária a confecção de novos suportes. As hastes foram furadas e cobertas com termoretrátil para proteger melhor as baterias. Foram colocadas fitas de dupla face entre as baterias para melhorar a fixação, dar mais estabilidade às baterias e montar o bloco com 10 baterias. Na Figura 8 pode-se observar o bloco com 10 baterias.

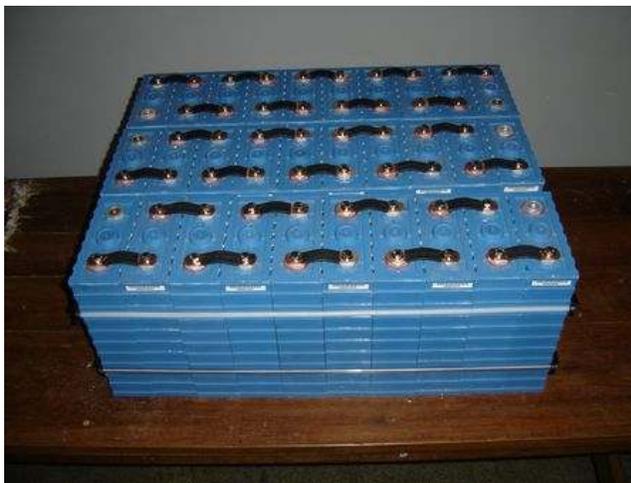


Figura 8. Bloco com 10 baterias.

Fonte: GURGEL, E. 2009

Depois da montagem do bloco com os suportes das baterias dianteiras foram montados mais 3 blocos de 10 baterias que serão instaladas na parte traseira do veículo. No suporte das baterias foi colocada uma borracha lonada para proteger a placa de aço, por cima da borracha foi colocada uma chapa de aço inoxidável de 1,5mm de espessura e por cima da chapa foi colocada uma camada de papelão para juntas automotivas também com 1,5mm de espessura.

Depois de instaladas as baterias dianteiras foram protegidas por uma caixa de lona impermeável. Ela será presa ao suporte utilizando porcas borboletas.

Após remover as baterias de chumbo que estavam sendo usadas, foi usado para fixar as novas baterias um sistema de fixação formado por: uma chapa de 3mm de espessura com dimensões de 150x150mm e duas barras de ferro de 25mm de altura por 5mm de espessura. A chapa foi cortada e furada para ser soldada nas duas barras de ferro. Para melhorar o ajuste a barra de fixação foi feito um rasgo nas chapas da extremidade. Será usada uma contra chapa para melhorar a fixação do suporte.

O carregador de baterias foi substituído por outro carregador para baterias de Íon – Lítio. Na Figura 9 está nos mostrando o veículo sendo carregado através de uma tomada.



Figura 9. Veículo sendo carregado.  
Fonte: GURGEL, E. 2009

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Valores dos componentes

Os componentes necessários para a conversão do veículo foram comprados na empresa Electric Vehicles of America, INC. (EVA). Por se tratar de uma empresa americana os valores estão em dólar. A cotação do dólar no dia 14/10/2009, data em que os componentes foram negociados, era de U\$1,70910 para compra (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2009). Na Tabela 2 pode-se observar os valores dos componentes.

Tabela 2. Valores dos componentes.

Qtde	Descrição	Valor Unitário	Valor Total
<b>Sistema de Movimentação</b>			
01	FB1-4001A Advanced DC Motor with dual shaft (72V-144V) 18HP - 30HP	U\$1550,00	U\$1550,00
01	1231C-8601 Curtis Controller 96V-144V 500 Amp Limit	U\$1495,00	U\$1495,00
01	Aluminum Plate/ heat sink compound/ 12V fan	U\$50,00	U\$50,00
01	PB-6 Curtis Potbox	U\$90,00	U\$90,00
02	Albright Contactor SW-200 (12V coil)	U\$150,00	U\$300,00
01	Adapter Plate with Spacers (2) Manual Transmission - Clutchless	U\$400,00	U\$400,00
01	Motor Coupling (Aluminum) Manual Transmission - Clutchless	U\$325,00	U\$325,00

<b>Sistema de Baterias</b>			
01	PFC-3000 110 VAC / 230 VAC 144VDC Sealed Charger Batteries to be determined later	U\$1030,00	U\$1030,00
24	2/0 Battery Terminal Protective Covers (Red & Black)	U\$1,50	U\$36,00
50	ft 2/0 UltraFlex Cable (Orange)	U\$5,00	U\$250,00
40	2/0 lugs - Magna lug ( includes 6 90 degree )	U\$2,50	U\$100,00
05	ft Heat Shrink with sealant	U\$6,00	U\$30,00
<b>Instrumentação</b>			
01	80-180 Voltmeter (Westberg 2in Black)	U\$65,00	U\$65,00
01	0-400 Ammeter (Westberg 2in Black)	U\$65,00	U\$65,00
01	50 mV Shunt - 400A	U\$30,00	U\$30,00
<b>Power Brakes</b>			
01	Gast Vacuum Pump (12V)	U\$225,00	U\$225,00
01	SquareD Vacuum Switch	U\$135,00	U\$135,00
01	In-line Fuseholders with 20 Amp Fuse	U\$5,00	U\$5,00
<b>Segurança</b>			
02	Littelfuse L25S-400	U\$55,00	U\$110,00
01	Littelfuse holder	U\$25,00	U\$25,00
01	KLK Fuse & Holder - HV Control Wiring	U\$20,00	U\$20,00
02	Pair Anderson connectors SBX-350 (Red)	U\$64,00	U\$128,00
01	Fuseholder (4) - Control Board	U\$15,00	U\$15,00
01	First Inertia Switch - Auto Shutoff (12V Sys)	U\$45,00	U\$45,00
01	ElCon DC-DC Converter 132-168VDC Sealed Unit Recommended for headlights, wipers, etc.	U\$250,00	U\$250,00
01	Pair Anderson connectors SB-50 (Red)	U\$20,00	U\$20,00
01	Electric Heater Components (Heater, mount, contactor, Anderson SB-50 connector, fuse)	U\$180,00	U\$180,00
14	Ft - 1 1/2 inch clear vinyl hose for 2/0 cable protection	U\$1,50	U\$21,00
10	Insulated Metal Clamps for Vinyl Hose	U\$1,00	U\$10,00
<b>Subtotal</b>			U\$7005,00
EVAmerica Coupons – Package			-U\$190,00
<b>Subtotal</b>			U\$6815,00
Shipping and Handling			U\$800,00
<b>Total (Dólar)</b>			U\$7615,00
<b>Total (Real)</b>			R\$13014,79

## 4.2 Viabilidade

O veículo elétrico tem a vantagem de ser muito econômico por Km rodado. Porém é um veículo que precisa de um investimento inicial alto para sua adaptação, uma vez que o motor a combustão deve ser substituído por um elétrico. Conforme a Tabela 3 verifica-se a viabilidade econômica em se ter um veículo deste segmento.

Tabela 3. Comparação de custos.

	<b>Combustão</b>	<b>Elétrico</b>	<b>Diferença</b>
Valor compra <sup>1</sup>	R\$ 26.776,00	R\$ 26.776,00	
Valor kit conversão	R\$ -	R\$ 13.014,79	
Valor mão-de-obra (instalação)	R\$ -	R\$ 2.270,00	
<b>Total</b>	<b>R\$ 26.776,00</b>	<b>R\$ 42.060,79</b>	<b>R\$ (15.284,79)</b>

Observou-se que inicialmente tem-se um investimento inicial de R\$15.284,79 (valor do kit de conversão + mão-de-obra), valor que pode ser menor se o motor a combustão for vendido.

Na Tabela 4 observa-se os gastos energéticos que se terá com ambos os veículos.

Tabela 4. Custo de rodagem.

<b>Qtde Km/ano</b>	<b>Valor Gasolina</b>	<b>Valor kW</b>	<b>Gasto Energético Anual</b>		<b>Gasto Energético em 5 anos</b>	
			<b>Combustão<sup>2</sup></b>	<b>Elétrico<sup>3</sup></b>	<b>Combustão</b>	<b>Elétrico</b>
150.000	R\$ 2,59	R\$ 0,33	R\$ 38.850,00	R\$ 11.830,50	R\$ 194.250,00	R\$ 59.152,50
50.000	R\$ 2,59	R\$ 0,33	R\$ 12.950,00	R\$ 3.943,50	R\$ 64.750,00	R\$ 19.717,50
25.000	R\$ 2,59	R\$ 0,33	R\$ 6.475,00	R\$ 1.971,75	R\$ 32.375,00	R\$ 9.858,75

Podemos observar que o veículo elétrico é sensivelmente mais econômico se comparado ao veículo a combustão. Consequentemente quanto mais se utiliza o veículo mais vantajoso ele se torna. Tem-se a diferença de aproximadamente 328% no valor do consumo

<sup>1</sup> Fonte: www.fipe.org.br

<sup>2</sup> Considerando que o consumo do veículo é de 10 Km/L

<sup>3</sup> Considerando o consumo do veículo é de 0,239 Kw/Km

anual do veículo, pois ao passo que se gasta R\$0,259 por km rodado com o veículo a combustão, gasta-se R\$0,078 por km rodado com o veículo movido a baterias.

Na Tabela 5, apresenta-se uma simulação onde verifica-se a partir de quantos anos o veículo elétrico passa a ser um veículo onde o custo com o investimento inicial foi amortizado pelo seu uso.

Tabela 5. Simulação gasto energético + valor do veículo.

	<b>Combustão</b>	<b>Elétrico</b>	<b>Diferença</b>
Total + gasto energético anual (150.000 Km)	R\$ 65.626,00	R\$ 53.891,29	R\$ 11.734,71
Total + gasto energético anual (50.000 Km)	R\$ 39.726,00	R\$ 46.004,29	(R\$ 6.278,29)
Total + gasto energético anual (25.000 Km)	R\$ 33.251,00	R\$ 44.032,54	(R\$ 10.781,54)
Total + gasto energético 5 anos (150.000 Km)	R\$ 221.026,00	R\$ 101.213,29	R\$ 119.812,71
Total + gasto energético 5 anos (50.000 Km)	R\$ 91.526,00	R\$ 61.778,29	R\$ 29.747,71
Total + gasto energético 5 anos (25.000 Km)	R\$ 59.151,00	R\$ 51.919,54	R\$ 7.231,46

Podemos observar que no primeiro ano de uso a economia que se tem com o gasto energético para percorrer distâncias acima de 150.000 Km/ano é grande porém não ultrapassa o valor do investimento inicial. Já no quinto ano podemos ver que a economia de quem percorre distâncias de aproximadamente 25.000 Km/ano é superior a R\$ 7.000,00, valor considerável para se deixar de gastar com um veículo popular.

Outro aspecto que não está sendo levado em consideração neste trabalho são os gastos com a manutenção do veículo, onde os gastos com o veículo elétrico são bem menores quando comparado ao veículo a combustão.

## 5 CONCLUSÕES

Após análise dos resultados foi constatado que o veículo elétrico ainda é um projeto caro, devido a sua produção em pequena escala, sua baixa popularidade e pelo domínio de mercado dos veículos movidos com combustíveis fósseis. Como os veículos elétricos originais de fábrica ainda são pouco difundidos, o kit de conversão acaba sendo uma alternativa mais barata, porém o valor do conjunto elétrico ainda é caro, pois não é possível adquirir um veículo sem a motorização original, tornando-se economicamente viável sua adaptação para usuários que percorrem distâncias acima de 150.000 Km/ano.

Tratando-se de ganhos ambientais, o veículo elétrico é uma proposta promissora, pois sua taxa de emissão de poluentes é nula, oferecendo ótima oportunidade para a comercialização de créditos de carbono e tem um valor indiscutível quanto à saúde pública, onde a contribuição em grandes centros diminuiria a emissão de gases prejudiciais e particulados. Ainda destaca-se a melhora da poluição sonora e a baixa manutenção do conjunto elétrico.

No entanto, com a substituição gradativa dos combustíveis fósseis por outras matrizes energéticas, e o veículo elétrico for produzido em larga escala, seu custo será reduzido, tornando-se economicamente viável e ambientalmente correto.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.T. **Hidrogênio como Combustível**. 2005. 30 f. Faculdade de Ciências e Tecnologia de Coimbra, Coimbra, 2005. Disponível em: <<http://www.eq.uc.pt/innovar/hidrogenio.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2009.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN). **Resultados Preliminares - Ano Base 2008**. 2009. Brasília. DF. Disponível em: <[https://www.ben.epe.gov.br/downloads/Resultados\\_Pre\\_BEN\\_2009.pdf](https://www.ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2009.pdf)>. Acesso em: 13 set. 2009.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). Taxas de câmbio. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/PtaxRPesq.asp?idpai=TXCOTACAO>>. Acesso em: 02 nov. 2009.
- BIODIESELBR. **Vantagens do Biodiesel** – Por que usar o Biodiesel? Curitiba, PR, 2005. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/destaques/2005/combustivel-renovavel.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2009.
- BRITO, P.J.G.; SILVA, N.M.A. **O Automóvel e o Ambiente**. 2003. 17 f. Trabalho realizado no âmbito da cadeira de Gestão de Energia – Faculdade de Ciências e Tecnologia de Coimbra, Coimbra, 2003. Disponível em: <[http://www2.dem.uc.pt/fausto.freire/gestao\\_energia/\\_folders/GE\\_02\\_03\\_trab\\_aluno\\_pdf/5\\_v\\_eic\\_%20elec.pdf](http://www2.dem.uc.pt/fausto.freire/gestao_energia/_folders/GE_02_03_trab_aluno_pdf/5_v_eic_%20elec.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2009.
- CEPETRO – Centro de Estudos de Petróleo. 2009. **Petróleo** – O que é o Petróleo. Campinas, SP. Disponível em: <[http://www.cepetro.unicamp.br/petroleo/index\\_petroleo.html](http://www.cepetro.unicamp.br/petroleo/index_petroleo.html)>. Acesso em: 12 set. 2009.
- CLUBE DO CARRO ELÉTRICO. **Passo-a-Passo**. 2009. Brasília. DF. Disponível em: <<http://clubedocarroeletrico.com.br/index.php?/passo-a-passo/>>. Acesso em: 13 set. 2009.
- D'ARCE, M.A.B.R. **Matérias-Primas Oleaginosas e Biodiesel**. 2005. Citação. Escola Superior de Agricultura, “LUIZ DE QUEIROZ”- ESALQ/USP. Piracicaba, SP. 2005.
- ERBER, P. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS (ABVE). 2009. **Veículos Elétricos** – Subsídios para uma Política Governamental. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/destaques/2009/destaque09044.asp>>. Acesso em: 28 ago. 2009.

FREITAS, S.N. 2004. Biodiesel à base de óleo de soja é a melhor alternativa para o Brasil? **Informações econômicas**, São Paulo, SP, v.34, n.1, p.86, jan. 2004. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/OUT/publicacoes/pdf/seto3-0104.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2009.

GOLDENSTEIN, M.; AZEVEDO R.L.S. Combustíveis alternativos e inovações no setor automotivo: será o fim da “era do petróleo”? BNDES Setorial, Rio de Janeiro, RJ, n.23, p.245, mar. 2006. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2308.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2308.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2009.

GUTIERREZ, M.B. O Mercado de carbono e o mecanismo de desenvolvimento limpo: a necessidade de um marco regulatório / institucional para o Brasil. In: SALGADO, L. H.; MOTTA, R. S. **Regulação e concorrência no Brasil: governança, incentivos e eficiência**. Rio de Janeiro: IPEA, 2007. p. 271 – 288. Disponível em: <[http://desafios.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/regulacaonobrasil/Arq20\\_Cap12.pdf](http://desafios.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/regulacaonobrasil/Arq20_Cap12.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2009.

IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. 2009. **Pré-Sal – O Pré-Sal no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.ibp.org.br/main.asp?Team={CFA331ED-C047-4441-8EEC-9467D2F58BE4}>>. Acesso em: 12 set. 2009.

LIMA, M.S.O.; REBELATTO, D.A.N.; SAVI, E.M.S. O Papel das Fontes Renováveis de Energia na Mitigação da Mudança Climática. In: XIII SIMPEP (Simpósio de Engenharia de Produção), 8., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru. p. 4. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/45.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/45.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2009.

MARCCOCIA, R. **A Participação do Etanol Brasileiro em uma Nova Perspectiva na Matriz Energética Mundial**. 2007. 95 f. Dissertação. (Pós-Graduação em Energia PIPGE) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-05072007-114536/>>. Acesso em: 12 set. 2009.

OSAVA, M. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS (ABVE). 2009. **Revolução automobilística em andamento**. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/destaques/2009/destaque09047.asp>>. Acesso em: 28 set. 2009.

SAMPAIO, C. P. Implicações da tecnologia de propulsão a ar comprimido no design de automóveis urbanos de pequeno porte pela ótica da sustentabilidade. **Da Vinci**, Curitiba, PR, v. 2, n. 1, p. 51-64, 2005. Disponível em: <<http://www.up.edu.br/davinci/2/04.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2009.

SANTOS, E.M. **Gás Natural: Estratégias para uma Energia Nova no Brasil**. São Paulo: Editora Annablume, 2002. 322 p.

SERPA, L.A. **Estudo de Implementação de um Sistema Gerador de Energia Empregando Células a Combustível do Tipo PEM**. 2004. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Instituto de Eletrônica de Potência, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2004. Disponível em: <<http://www.ivobarbi.com/PDF/dissertacoes/Dissertacao-leonardo%20serpa.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2009.

SILVA, E. P. et al. Recursos energéticos, meio ambiente e desenvolvimento. **Revista MultiCiência – O Futuro dos Recursos**, Campinas, SP, n.1, p.2, 2003. Disponível em: <<http://www.multiciencia.unicamp.br/art04.htm>> . Acesso em: 28 ago. 2009.

TANCON, K.M. et al. Tendências da indústria automobilística para produção de veículos que utilizam fontes energéticas alternativas. 1998. IME (Instituto Militar de Engenharia), Rio de Janeiro, RJ, 1998. Disponível em: <[http://146.164.33.61/silviocarlos/PF%2008/Rodrigo%20Faria%20PF%2007/Cap4/Tendencias\\_IME.pdf](http://146.164.33.61/silviocarlos/PF%2008/Rodrigo%20Faria%20PF%2007/Cap4/Tendencias_IME.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2009.