

# Sistemas de Propulsão Alternativos

Luís Carlos Silva Vieira 1050776  
Pedro Tiago Peniche Torres 1050397

## Resumo

Tem-se verificado, nos últimos anos, um aumento substancial no consumo de energia a nível global, muito devido ao desenvolvimento industrial dos países menos desenvolvidos. Este aumento caracteriza-se principalmente por um aumento da utilização do petróleo e combustíveis fósseis. No entanto, devido ao aumento do preço do petróleo e às constantes preocupações ambientais, sente-se necessidade de desenvolvimento de uma energia alternativa para o ramo dos transportes. É em procura destas alternativas que se parte para a elaboração deste trabalho.

## Abstract

There has been, in recent years, a substantial increase in energy consumption globally, much due to industrial development in least developed countries. This increase was primarily characterized by an increased use of oil and fossil fuels. However, due to higher oil prices and the constant environmental concerns, we feel like we need to develop an alternative energy to the field of transport. It is in pursuit of these alternatives that we elaborate this work.

## 1. Introdução

Desde os finais do século XX que a Humanidade se debate sobre os problemas ambientais. Os problemas tiveram início na Revolução Industrial e com uma maior industrialização a nível global. Esta revolução ficou marcada de forma negativa no nosso ambiente devido à grande emissão de gases para a atmosfera (o metano, o óxido de azoto, CFC's e Dióxido de Carbono) que influenciam o dispersar do calor proveniente dos raios solares. Isto originou, mais tarde, um aquecimento global.

Em 1997, várias nações assinaram o **Protocolo de Quioto**, que consiste no compromisso dos países para a redução de emissões de gases com «efeito de estufa» e a cooperação entre as nações para essa diminuição.

Tem-se verificado que os veículos a motor são responsáveis por 50% da contaminação da atmosfera que se regista nas cidades, e com tendência a aumentar. Estes veículos provocam constantemente a formação de gases e poeiras nocivas aos seres vivos. O combustível fóssil utilizado por estes veículos é em grande parte responsável

pela poluição da atmosfera. Estes combustíveis designam-se por fósseis devido ao longo período de tempo de formação, milhões de anos. Estes recursos que agora se utilizam foram formados à 65 milhões de anos.

A regeneração destes fósseis é mesmo o maior problema, porque uma vez acabados só existirão novamente passado bastante tempo.

A utilização destes recursos teve um grande impacto na evolução do ser Humano, a nível social, tecnológico, económico mas, um péssimo impacto a nível ambiental. Deste modo foi necessário criar alternativas a estes combustíveis e alterar comportamentos de modo a garantir um menor desperdício de energia e consequentemente uma menor poluição.

É precisamente numa busca pelas energias alternativas que parte para este trabalho, focando as alternativas no ramo dos transportes, não só com maior probabilidade de se afirmarem, mas também as mais inovadoras.

## 2. Eléctricos

Veículos eléctricos são veículos que, ao contrário dos habituais, utilizam um sistema de propulsão eléctrica.

Nos automóveis usuais é utilizado combustível que, após queima no motor de combustão interna, se transforma em energia mecânica. No caso dos veículos eléctricos, é utilizado um motor eléctrico e converte a energia eléctrica em energia mecânica.

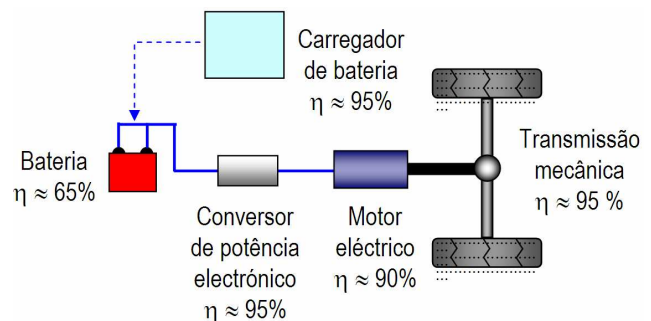


Figura 1: Componentes do veículo eléctrico e respectivos rendimentos

Os principais componentes deste veículo são: bateria (s), sistema de carga, conversor electrónico de potência e claro o motor eléctrico.

A bateria é o “depósito de combustível” do veículo eléctrico, é nela que se armazena a energia eléctrica necessária ao funcionamento do motor. Existem vários tipos de baterias, dependendo de qual a gama do veículo, sendo por isso mais fácil sublinhar algumas das principais características que a bateria ideal teria de ter:

- Elevada capacidade de armazenamento;
- Elevada densidade de energia (pequenas dimensões e com grande capacidade de armazenamento);
- Elevada potência;
- Longo ciclo de vida;
- Baixo tempo de recarga;
- Baixo peso;
- Ciclo largo (poder ser descarregada regularmente sem perder as suas capacidades);
- Baixo custo.

O sistema de carga é o responsável pelo carregamento da bateria. Este transforma a corrente alternada da rede eléctrica em corrente contínua, com uma tensão estipulada para carregar as baterias. O tempo de recarga pode variar entre 2 a 16 horas. Estão actualmente em desenvolvimento sistemas de carregamento indutivos, que permitem o carregamento das baterias sem a necessidade de se recorrer a cabos de ligação.

A travagem regenerativa é também uma forma de carregamento das baterias. Esta utiliza o facto de os motores também poderem ser geradores. Neste caso, em vez de fornecermos energia eléctrica e obtermos energia mecânica, é fornecida energia mecânica e obtemos energia eléctrica, alterando as ligações do motor, funcionando o rotor como indutor e o estator como induzido.

O conversor electrónico de potência é um dispositivo que regula a energia a fornecer ao motor, sendo chamados de “choppers” no caso de motor de corrente contínua e de inversores no caso de corrente alternada.

O motor é só o equipamento mais importante do veículo eléctrico, sem o qual este não teria energia mecânica. Existem diferentes tipos de motor, podendo ser divididos em dois grandes grupos: de corrente contínua e de corrente alternada. Tanto um como outro têm vantagens e desvantagens dependendo dos veículos em que serão aplicados. Em termos de montagem, existem diversas formas de estes estarem incorporados no veículo, podem ser aplicados em tracção dianteira, tracção traseira, tracção às quatro rodas e ainda podem ser montados directamente nas rodas (*in-wheel mounted*).

Esta é considerada por muitos peritos como a alternativa do futuro, para essa opinião contribuem vários factores: o facto desta ser uma das melhores alternativas em termos ambientais, pois não existem gases de escape

(no caso dos automóveis eléctricos não existe sequer sistema escape); sendo a electricidade a base de funcionamento de outras tantas alternativas, porque não utiliza-la directamente na alimentação dos motores; o motor eléctrico é um dos motores com maior rendimento, cerca de 90%.



Figura 2: Motor *in-wheel mounted*

Os veículos eléctricos são já utilizados em todo o mundo para transporte colectivo de pessoas, nomeadamente comboios, metros e eléctricos, mas são também utilizados noutras proporções, como é o caso dos carrinhos de golfe e o *Segway* (muito utilizado pelos funcionários dos centros comerciais).

Em termos automóveis, já existem vários modelos a serem comercializados por todo o mundo, sendo que os mais conhecidos são o *Venturi Fetish* e o *Tesla Roadstar*.

Em Portugal já existem alguns veículos eléctricos (comboios, metros, *Segway*), ainda que não na estrada. Não é tarefa fácil tendo em conta que ainda não existe uma rede de infra-estruturas para o carregamento das baterias, divulgação, nem grandes incentivos para a aquisição destes veículos. Contudo, têm-se dado vários passos para esta realidade, entre os principais destaca-se o acordo entre o governo português e a aliança *Renault-Nissan*, para a comercialização de automóveis eléctricos em Portugal até 2011 e para a criação de infra-estruturas necessárias à sua implementação.

### 3. Híbridos

Um veículo híbrido é um veículo que possui mais do que um motor. Cada um utiliza a sua própria fonte de energia. O veículo híbrido que mais se fala agora é o que combina motor de explosão com motor eléctrico. O seu arranque fica a cargo do motor eléctrico (que substitui o motor de arranque dos carros comuns).

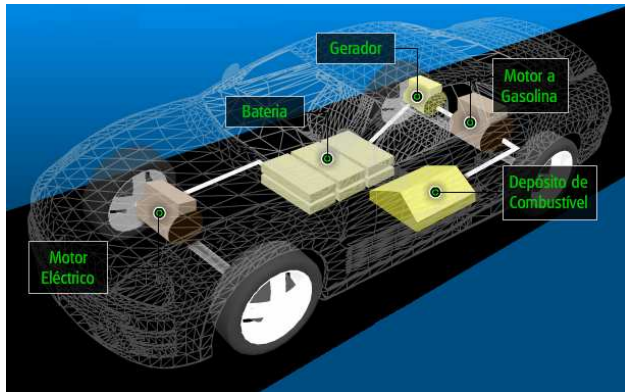


Figura 3: Automóvel Híbrido

Existem três modos de construção de um veículo híbrido: **híbrido-paralelo**, **híbrido-série** e **híbrido-misto**. No híbrido-paralelo o motor de explosão é o responsável pela locomoção do veículo e o eléctrico funciona apenas como auxílio para melhorar o desempenho do veículo e do motor a gasolina. Estando o veículo em movimento, o motor de explosão é o responsável pelo carregamento das baterias.

No híbrido-série acontece o contrário, o motor eléctrico é o responsável pela locomoção enquanto que o motor de explosão só entra em funcionamento caso falte energia eléctrica e nesse caso ele envia movimento para as rodas e, ao mesmo tempo, faz rodar um gerador eléctrico, cuja energia acciona o motor eléctrico ou é armazenada na(s) bateria(s).

Por fim o híbrido-misto. Este combina partes do sistema série com o sistema paralelo, e maximiza os benefícios dos dois. Permite fornecer energia para as rodas do veículo e ao mesmo tempo, gerar energia através de um gerador. Neste sistema o motor responsável pela locomoção do veículo é o motor eléctrico mas é possível usar simultaneamente o motor eléctrico e o de explosão aumentando assim o desempenho. Caso se utilize apenas o motor eléctrico, os travões (que estão equipados com um sistema regenerador) carregam a(s) bateria(s). Estando o motor a gasolina accionado, então este é responsável pela locomoção do carro e carregamento da(s) bateria(s).

O veículo híbrido tem como vantagem a diminuição das emissões de  $\text{CO}_2$  e um aumento da autonomia, com a mesma quantidade de combustível. Consome, em média, menos de um terço de gasolina que os carros comuns. Actualmente, devido aos benefícios fiscais, compensa comprar um híbrido. Hoje em dia já começa a haver vários carros híbridos, mas os mais conhecidos são o Toyota Prius e o Honda Civic IMA.

## 4. Célula de Combustível

As células de combustível são dispositivos capazes de converter energia química em energia eléctrica calor e água. Com esta descrição poder-se-ia confundir célula de combustível com uma simples bateria, o que não é verdade. Ao contrário das baterias as células de combustível não necessitam de ser carregadas com energia eléctrica, basta fornecer combustível (normalmente hidrogénio) e elas produzirão energia eléctrica continuamente.

A célula de combustível é composta por dois eléctrodos (ânodo e cátodo) e um electrólito que os separa. O hidrogénio é introduzido no ânodo e o oxigénio no cátodo. Através da acção de um catalizador (platina), os átomos de hidrogénio são decompostos nos seus elementos mais básicos, prótons e electrões. Os electrões são conduzidos através do electrólito criando assim uma corrente eléctrica.

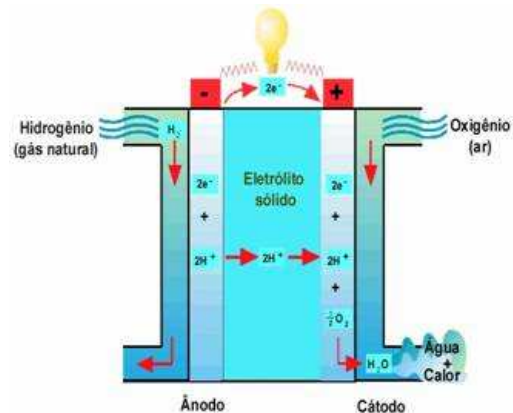


Figura 4: Célula de Combustível

Como já referido, esta célula necessita de ser abastecida com um combustível. Existem várias alternativas (etanol, metano, gás natural), mas nenhuma delas impõe o mesmo rendimento e eficácia que o hidrogénio, sendo este mesmo considerado por muitos, o combustível do futuro.

O hidrogénio é um elemento químico muito abundante na atmosfera terrestre que, quando combinado com o oxigénio a  $100^\circ\text{C}$  produz energia eléctrica e vapor de água. O grande problema do hidrogénio é a sua produção. O hidrogénio para ser utilizado como combustível tem de estar na forma pura, o que não acontece, uma vez que este está sempre combinado com um outro qualquer elemento químico. A produção de hidrogénio é usualmente feita a partir da queima de gás natural, o que se torna dispendioso. Uma equipa de investigadores da *Oregon State University College of Engineering* (EUA) garante ter descoberto uma forma

económica de produção de hidrogénio através de resíduos biológicos. Desta forma seria capaz de se produzir hidrogénio a um custo de \$2 ou \$3 (€1,5 a €2,10) okilo, equivalente a um galão de gasolina (3,78 L), no entanto esta afirmação ainda está envolta em grande controvérsia.

## 5. Gás Natural

O gás natural é um combustível alternativo que pode ser utilizado na alimentação dos motores dos automóveis.

Um motor a gás natural não é mais que um motor diesel adaptado para a queima deste combustível. Esta adaptação verifica-se principalmente a nível de armazenamento do combustível e de controlo do motor, uma vez que este não necessita se ser alterado mecanicamente para começar a funcionar com o gás natural. A sua eficiência é similar ao diesel, contudo tem a vantagem de ser mais económico. São várias as vantagens do gás natural em relação ao diesel (para além da economia já mencionada): é de todos o combustível fóssil menos poluente; Ainda existe em grande abundância; uma vez que é menos poluente, reduz a necessidade de manutenção das viaturas. As principais desvantagens são o facto de ainda não existir uma rede de abastecimento, o que dificulta a utilização desta forma de combustível por parte dos utilizadores comuns, e o facto de o gás natural ocupar mais espaço que os combustíveis tradicionais (cerca de 4 a 5 vezes). Os maiores utilizadores desta tecnologia em Portugal são as empresas de transportes colectivos, STCP (Porto) e Carris (Lisboa).



Figura 5: Autocarro a gás natural

## 6. Biodiesel

Biodiesel não é o mesmo que óleo vegetal. Só após a extracção da glicerina do óleo vegetal é que obtemos biodiesel. Para a sua produção, necessita de menos 60% de energia do que o gasóleo de baixo teor de enxofre (*low-sulphur*). Este possui propriedades de combustão

idênticas às do gasóleo actual mas, oferece uma redução de hidrocarbonetos e menor teor de enxofre do que qualquer tipo de gasóleo.

A utilização de biodiesel puro face ao gasóleo de origem mineral tem como vantagem a redução das emissões perigosas, um decréscimo de 25% de partículas e uma diminuição de 40% de hidrocarbonetos.

Verifica-se que uma mistura de 5% de biodiesel e 95% de diesel reduz expressivamente as emissões perigosas. Esta mistura, 5/95, obedece às normas europeias EN14241 e EN590 e pode ser usada em todos os motores diesel modernos.

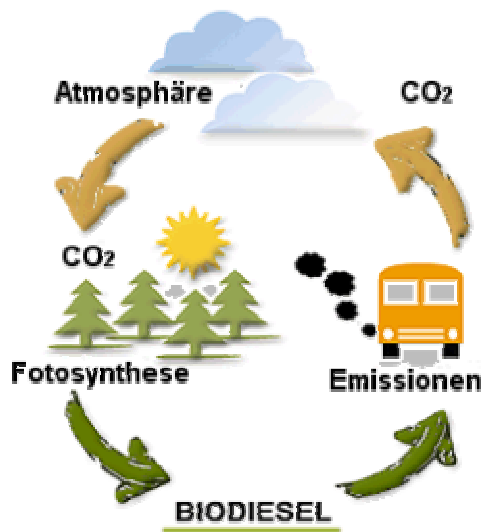


Figura 6: Ciclo dos gases de emissão

Actualmente já algumas marcas garantem e aprovam o uso da mistura 5/95 nos seus motores, como por exemplo: BMW, Volvo, grupo Volkswagen. Outros motores mais antigos poderão necessitar de algumas alterações, como o momento de inflamação ou os vedantes. A utilização de mistura necessita um especial cuidado relativo à viscosidade em alturas de temperaturas baixas. Quanto maior a mistura de biodiesel utilizada, mais viscoso o combustível se torna em temperaturas muito baixas.

Para uma utilização de 100% Biodiesel é necessário alterar partes do motor para evitar problemas de manutenção e performance.

## 7. Ar Comprimido

Os automóveis a ar comprimido serão lançados brevemente para o mercado por uma companhia francesa, MDI (Motor Development International).

O princípio de funcionamento do motor é, em grande parte, semelhante ao motor de combustão interna, no entanto, ao contrário deste, no motor a ar comprimido a

expansão e compressão dos pistões não são realizadas graças à queima do combustível. No motor a ar comprimido, é injectado ar na câmara de “combustão” (a uma pressão de 10-20 bar), empurrando o pistão para baixo, o movimento contrário é realizado retirando todo o ar existente na câmara.

O sistema de ar comprimido do automóvel é composto por um compressor, um tanque de armazenamento de ar de alta pressão (cerca de 300 bar), um tanque de ar de baixa pressão (cerca de 10-20 bar), um motor e todo um sistema de arranque em tudo semelhante ao tradicional para o motor térmico.

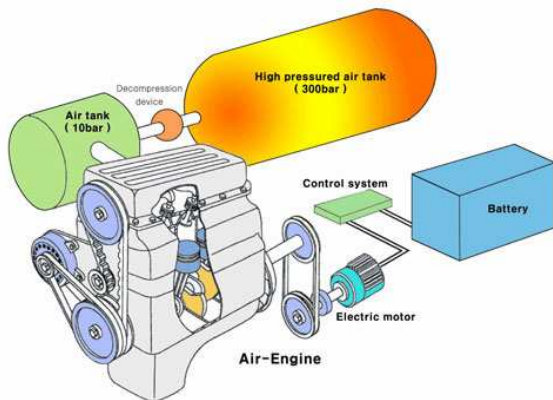


Figura 7: Automóvel a ar comprimido

O motor de automóvel é composto por dois cilindros, semelhante a um motor de combustão interna, onde se dá a mistura do ar ambiente com o ar comprimido a cerca de 400°C.

O automóvel tem uma autonomia média de 200 km. Esta autonomia é devida ao seu depósito com capacidade de armazenamento de 90 m<sup>3</sup> a 300 bar. O motor funciona com o ar atmosférico, previamente filtrado e armazenado no seu depósito.

O abastecimento pode ser feito em poucos minutos com recurso a compressores industriais, mas também é possível o abastecimento em casa do proprietário utilizando o compressor embutido no veículo. Esta última hipótese recarrega o depósito em cerca de quatro horas.

Este tipo de automóveis possui normalmente um sistema de recuperação de energia na travagem, que comprime o ar ambiente e injecta-o no depósito, aumentando assim a sua eficiência energética.

Em alguns modelos é ainda adicionado um motor térmico, que tem como função a de reabastecer o depósito de ar comprimido nas alturas em que não se está próximo de uma fonte de energia. Este modelo de automóveis possui uma maior autonomia, no entanto, deixa de ser uma solução totalmente limpa.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mesmo no modelo anterior pode não ser totalmente limpa caso a energia eléctrica seja obtida através de fontes de energia não renováveis.

As vantagens deste tipo de tecnologia para o ambiente são evidentes, uma vez que tem apenas ar a 0°C como produto de escape. Outra vantagem é o facto de não consistir problema o abastecimento antes do depósito chegar ao fim, problema que se impõe nas baterias eléctricas. A principal desvantagem é mesmo a autonomia.

## 8. Magnético

Motor magnético é um motor cujo estator e rotor são compostos por ímãs permanentes. O seu princípio de funcionamento teria por base as propriedades magnéticas de atracção repulsão. Partindo do princípio que pólos iguais se repelem e diferentes se atraem, seria possível chegar a uma determinada configuração dos ímãs para a qual poder-se-á verificar um movimento contínuo sem intervenção externa. É a este fenómeno que afirmam ter chegado os investigadores da empresa norte americana *Cyclone Magnetic Engines*.

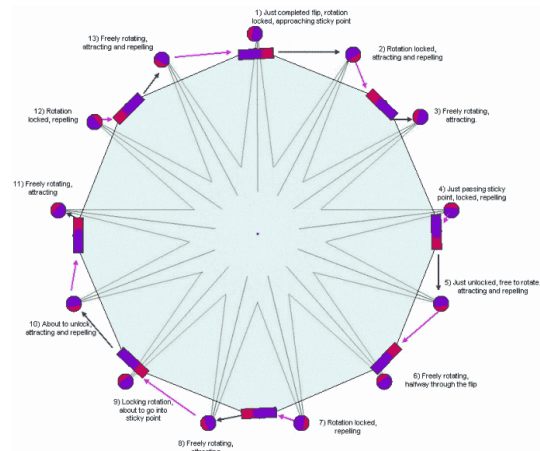


Figura 8: Possível configuração para um motor magnético

Com este tipo de tecnologia seria possível a geração de energia eléctrica continuamente sem qualquer gasto extra para além do custo do equipamento.

Este é um tema polémico, pois poderá por em causa o princípio de *Lavoisier*, "Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma". Em defesa desta teoria, vem o facto de os ímãs não serem tão permanentes quanto isso, ou seja, qualquer ímã permanente vai perdendo o seu magnetismo ao longo do tempo, e uma das formas de desmagnetizar um ímã é aquecendo-o (algo que não é difícil de acontecer visto que qualquer motor aquece).

## 9. Conclusão

Após este trabalho pode-se afirmar que um destes será o sistema de propulsão do futuro. Mas qual? A esta

questão ainda ninguém conseguiu responder, no entanto existem várias opiniões. Os motores eléctricos aparecem como a alternativa mais viável. O seu rendimento e a inexistência de gases de escape são as suas maiores vantagens. A principal desvantagem é o armazenamento da energia eléctrica. É neste contexto que entram as células de combustível. No entanto, apesar da sua eficiência, perde pelos custos de produção de hidrogénio puro que actualmente ainda são elevados.

Existem ainda os motores a gás natural, biodiesel e híbridos, mas estes apresentam-se apenas como uma solução de transição, uma vez que não eliminam um dos principais problemas dos motores de combustão interna (as emissões de gases poluentes), apenas o atenuam. Para além disto, os motores híbridos e a gás natural não estão livres dos conhecidos combustíveis fósseis que, principalmente no caso do gás natural, ainda existem em abundância mas não são ilimitados. No caso do biodiesel também trás um grande problema: o facto deste ser produzido através de cereais, um significativo aumento na sua produção implica um aumento do preço dos alimentos, o que é insustentável uma vez que não se avizinham tempos de grande prosperidade.

Por último, fez-se referência aos motores a ar comprimido e magnético. No caso do primeiro existem vários problemas: mais uma vez o armazenamento se torna um inconveniente, pois impõe uma autonomia muito limitada, algo que se poderia aumentar (aumentando o volume dos depósitos) mas traria um aumento no volume e peso do automóvel; para o carregamento dos depósitos de ar tem de se recorrer a compressores, logo a energia eléctrica, e quanto mais equipamentos se utilizar maiores serão os desperdícios. O caso dos motores magnéticos é uma situação que ainda gera muita discórdia, uma vez que muitos afirmam ser impossível criar tal equipamento. Partindo do princípio que tal é possível, esta seria com certeza uma máquina quase ideal, pois não produziria qualquer produto de escape, e os únicos custos seriam os de aquisição e manutenção da mesma (substituição dos imans permanentes).

Em suma, existem várias alternativas, todas elas com vantagens e desvantagens. Qual será a alternativa do futuro? Apenas o tempo responderá. Até lá, todas serão alvo de pesquisas afim de melhorar os seus pontos fracos e de as tornar o mais eficiente possível.

## 10. Referências

[1] Portal do Ambiente e do Cidadão  
<http://ambiente.maiadigital.pt>

[2] Auto Hoje  
<http://forum.autohoje.com/showthread.php?t=19029>

[3] Arena – Agência Regional de Energia e Ambiente da Região Autónoma dos Açores  
<http://www.arena.com.pt>

[4] O Motor  
<http://www.motor.online.pt/?op=artigo&sec=c20ad4d76fe97759aa27a0c99bff6710&subsec=&id=087e85875cf7f285f2ba33615cde0d0f>

[5] Sistema Bi-Combustível para motores diesel  
<http://www.altronicinc.com/pdf/GTI%206-06%20POR.pdf>

[6] Associação Portuguesa do Veículo Eléctrico  
<http://www.apve.pt>

[7] AEIOU Quiosque  
<http://quiosque.aeiou.pt/gen.pl?p=stories&op=view&foky=ae.stories/10661>

[8] Veículos Eléctricos  
[http://www.ideiasambientais.com.pt/artigos/veiculos\\_electricos.pdf](http://www.ideiasambientais.com.pt/artigos/veiculos_electricos.pdf)

[9] Free Magnet Engine  
<http://fuelfreemagnetengine.com>

[10] Cycclone Magnetic Engines  
<http://cycclone.com/>

[11] Magnet Motor  
<http://letaripper.blogspot.com/2008/01/magnetic-motor-overunity-open-source.html>