

COMPARAÇÃO DE TECNOLOGIAS EM VEÍCULOS AUTOMÓVEIS

Resumo

O domínio do Motor de Combustão Interna (MCI) começa a ser ameaçado pelo aparecimento das tecnologias Zero Emissão (ZE). Há mesmo países que já anunciaram a intenção de proibir a comercialização dos automóveis com MCI a partir de 2030, devido às suas emissões poluentes. Neste artigo são analisadas as duas tecnologias ZE disponíveis e comparadas com o MCI [1].

1. Problemas ambientais

As energias fósseis foram um fator fundamental para o desenvolvimento industrial e social até à atualidade. Mas a sua utilização não é neutra do ponto de vista ambiental devido à libertação de gases de efeito de estufa (GEE), que estão a alterar o equilíbrio da atmosfera que existia no período pré-industrial. Apoiado em estudos científicos cada vez mais credibilizados pela comunidade científica, o poder político está a ficar cada vez mais consciente das suas consequências climáticas, já visíveis e penalizadoras no ponto de vista social e económico, e por isso empenhado em mudar a matriz energética com vista à sua progressiva redução, substituindo-as por energias renováveis.

Devido à poluição estima-se que em 2015 tenha havido 9 milhões de mortes prematuras, correspondendo a 16 % de todas as mortes em todo o mundo, sendo três vezes superior às provocadas pela sida, tuberculose e malária e 15 vezes superior em que a causa é atribuída à guerra ou outras formas de violência [2].

1.1. A poluição a nível global

Como se pode ver na figura 1.1, o sector que mais contribui para a emissão de CO₂ a nível global corresponde ao sector da produção de eletricidade e calor com 42 % [3].

Mas, já há várias décadas que as centrais mais poluidoras estão a ser substituídas por centrais neutras ou com menor impacto ambiental, prevendo-se inclusivamente que até 2030 a maioria das centrais a carvão sejam desativadas. A entrada em serviço, para o parque produtor, de centrais com tecnologias neutras (eólicas e solares), permitiu que a produção de energia elétrica tenha cada vez mais incorporação de energias renováveis, que em Portugal no ano de 2016 atingiu 57 % [4]. O segundo sector que mais contribui para a emissão de CO₂, a nível global, foi o dos transportes com uma percentagem de 24 % (ver figura 1.1).

Este sector está quase exclusivamente dependente dos combustíveis fósseis, porque a única medida tomada por vários países foi a incorporação de biodiesel no gasóleo e etanol na gasolina de um valor muito reduzido.

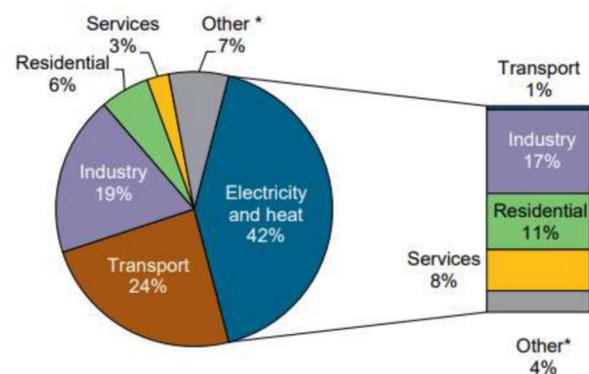


Figura 1.1 – Emissões globais de CO₂ por sector [3]

1.2. A poluição nas cidades

Atualmente nas cidades vive a maioria da população mundial, com um consumo de energia elevado e consequente emissão de GEE também elevada.

Em várias capitais e cidades europeias quando a poluição atinge níveis acima dos valores máximos admissíveis a circulação é reduzida ou mesmo proibida nas zonas mais sensíveis.

A Diretiva Quadro Europeia da Qualidade do Ar (Diretiva 2008/50/CE¹) que fixa os objetivos e parâmetros da qualidade do ar de forma a reduzir, prevenir e evitar os seus efeitos nocivos para a saúde humana, foi transposta pelo Decreto-Lei nº 102/2010², de 23 de setembro para a legislação nacional.

A Câmara Municipal de Lisboa criou as Zonas de Emissão Reduzida (ZER), cuja 1ª fase entrou em vigor no dia 4 de julho de 2011, pelas razões que se transcreve [5]:

- “8 - Nos últimos anos, a cidade de Lisboa tem apresentado concentrações partículas inaláveis (PM10) superiores aos valores limite estabelecidos pela legislação nacional e comunitária para proteção da saúde humana, sobretudo nas zonas de maior tráfego, situação que originou um processo de contencioso contra o Estado Português, tendo a Comissão Europeia tentado recentemente uma ação junto do Tribunal de Justiça Europeu por este incumprimento;
- 9 - O tráfego automóvel é, no momento presente, a principal causa da degradação da qualidade do ar na cidade de Lisboa, dado que é a principal origem de poluentes prejudiciais à saúde humana;”.

Em 1 de abril de 2012 e em 15 de janeiro de 2015 entraram em vigor respetivamente a 2ª e a 3ª fase aumentando a exigência em termos ambientais.

1.3. Mudança das políticas ambientais

Nas cidades europeias progressivamente será proibida a circulação dos veículos poluidores, permitindo só a circulação de veículos ZE.

Vários países europeus entre eles a Alemanha, a partir de 2030 irão proibir a venda de automóveis novos com emissões poluentes.

2. Veículos Zero Emissão

Nas últimas décadas para poderem cumprir a legislação europeia cada vez mais restritiva, os veículos com MCI têm evoluído na redução de emissões poluentes. A descoberta da manipulação por software das emissões poluentes, por várias marcas, indicia um limite tecnológico do MCI. Com os híbridos é possível reduzir as emissões poluentes, mas não as anulam, e por isso também serão proibidos de entrar nas cidades. Noutra estratégia, adotada por outros construtores, foram desenvolvidos os veículos ZE: veículo elétrico com fuel-cell (FCVE) e veículo elétrico (VE).

2.1. Veículos Elétricos com Fuel-Cell

O FCVE é um automóvel com acionamento elétrico que utiliza as fuel-cell para converter o hidrogénio em energia elétrica para carregar a bateria. Atualmente no norte da Europa já estão a ser comercializados pela Hyundai o ix35 FC e pela Toyota o Mirai.

- Constituição

Como exemplo da constituição de um FCVE apresenta-se na figura 2.1 o Toyota Mirai:

- Motor elétrico com 151 CV;
- Bateria de níquel de hidretos metálicos;
- Depósito de hidrogénio com capacidade de 5 kg;
- Autonomia de 500 km.



Figura 2.1. Toyota Mirai [6]

¹ Com a Rectificação do Jornal Oficial da União Europeia L 322, de 08 de dezembro de 2010, e as alterações introduzidas pela Diretiva 2015/1480 da Comissão, de 28 de agosto de 2015.

² Com as alterações introduzidas pelos Decreto-Lei n.º 43/2015, 27 de março e Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio.

Pontos Fortes

Comparando com os VE e MCI, os pontos fortes são:

- O tempo de abastecimento é de 5 minutos (equiparados aos MCI);
- Autonomia de 500 km;
- Maior rendimento da fuel-cell (60 %) face ao MCI (< 40%).

Pontos Fracos

Os pontos fracos são:

- Preço elevado face aos VE;
- O menor rendimento da fuel-cell (60 %) face ao VE (80% global);
- O preço atual do hidrogénio (10 €/kg na Alemanha e Dinamarca) e um consumo de 1kg/100 km, ficam comparáveis aos MCI;
- A inexistência em Portugal de postos de abastecimento de hidrogénio.

2.2. Veículos Elétricos (VE)

O automóvel elétrico é um veículo com acionamento a partir de um motor elétrico que é alimentado exclusivamente com a energia elétrica armazenada na bateria. Por isso, a sua autonomia está dependente da capacidade da bateria, que é carregada a partir de uma fonte de eletricidade externa.

Motor

O motor elétrico, face ao MCI, tem a vantagem de ser leve, ter elevado rendimento (>80%), muito robusto e fiável por ser constituído por poucos componentes.

Poderão ser do tipo Corrente Alternada (CA) de indução (figura 2.2) ou do tipo CA síncrono de ímãs permanentes (figura 2.3).



Figura 2.2. Motor AC de indução do Tesla S[7]

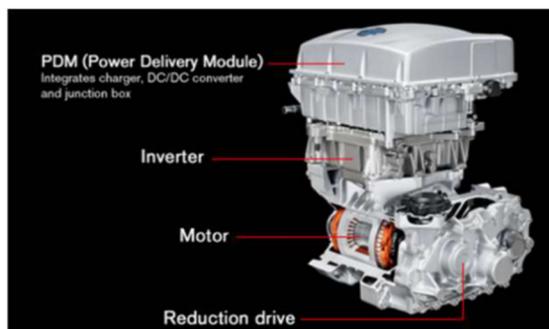


Figura 2.3. Motor AC síncrono de ímãs permanentes do Nissan Leaf [8]

Baterias

A maioria das baterias atuais são construídas com células NCM (níquel, cobalto e manganês) e eletrólito de íões de lítio, colocadas na plataforma entre os eixos (figura 2.4 e 2.5).

A capacidade, presentemente, poderá ir até aos 100 kWh (Tesla S P100D), permitindo uma autonomia até 632 km [9] em testes normalizados, pois a autonomia real dependerá do modo de condução, das condições atmosféricas e do perfil da estrada.



Figura 2.4. Bateria do Nissan Leaf [10]

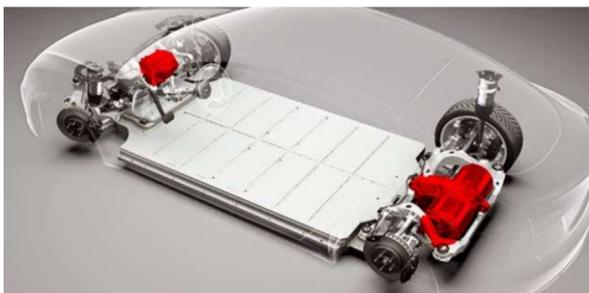


Figura 2.5. Bateria da Tesla [11]

O aumento da autonomia dos VE tem sido obtido através da evolução tecnológica das células, permitindo aumentar a capacidade das baterias sem aumentar o seu peso e volume, e também pelo aumento da economia de escala. Utilizando células NCM 622 (60 % de N, 20 % de C e 20 % de M) as baterias têm atualmente uma capacidade de 40 kWh (VE de gama média), mas com as NCM 811 (80 % + 10% + 10%) irão ter 60 kWh. As células NCM 811 já se encontram em produção, utilizando metade do cobalto, que é cinco vezes mais caro que o níquel, e por isso serão previsivelmente mais baratas.

O preço das baterias baixou de 1000 \$/kWh em 2010, para 216 \$/kWh em 2017, com uma redução em 2017 de 26 % face a 2016 (figura 2.6) [12].

- Tempo de carga

O tempo de carga da bateria irá depender da potência disponível para a carregar.

A maneira mais fácil de carregar um VE é nas garagens das nossas casas numa vulgar tomada monofásica de 16 A com terra. O VE do autor (Nissan Leaf2.zero) com bateria de 40 kWh com 20% de carga (ver figura 2.7) irá demorar 16 horas para ficar completamente carregada. Como se pode na mesma figura 2.7, o tempo de carga não é linear, pois a carga final irá demorar mais tempo.



Figura 2.7. Tempo de carga numa tomada monofásica de 16A

No primeiro mês após a compra e numa condução equivalente à que tinha com um Volvo V40 a gasóleo (80 a 90 % em autoestrada e o restante em cidade acima da velocidade legal mas dentro da tolerância permitida), teve um consumo médio de 16,5 kWh/100 km (figura 2.8). Com o custo da eletricidade de 0,115 €/kWh em vazio (contrato de fornecimento de energia com dupla tarifa), 100 km ficam por 1,9 €. Por esta razão, a sua utilização fica bastante económica além de ser neutro do ponto de vista ambiental.

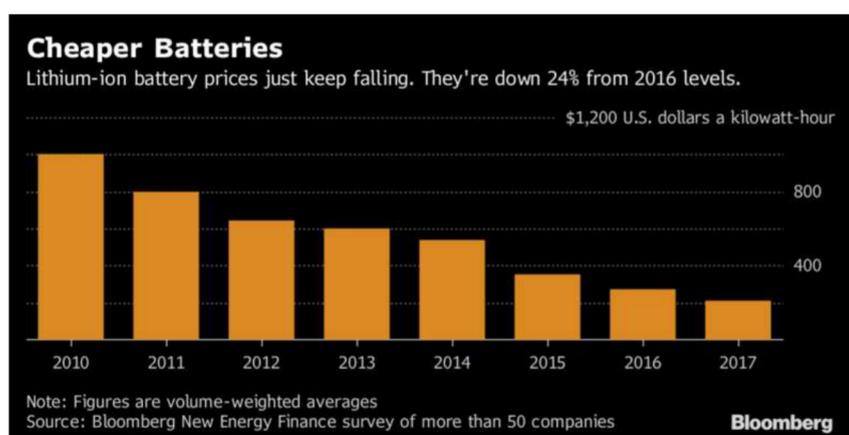


Figura 2.6. Redução do preço das baterias[12]



Figura 2.8. Consumo médio no primeiro mês

Em Portugal já estão disponíveis carregadores rápidos (CR) com 50 kW DC da rede MOBI-E. Os CR são ideais para quem vive em prédios com garagens coletivas com tomadas de serviços comuns. Na fase piloto os carregamentos na rede Mobi-E são gratuitos.

Nas cidades do Porto, Gaia e Matosinhos existem 4 CR que fase à procura já são insuficientes.

Na figura 2.9 podemos ver que o carro do autor a realizar um carregamento rápido (Chademo) a 44 kW, ao fim de 1,5 horas a carga estava completa. Mas neste tipo de cargas (CR) é aconselhável não ultrapassar os 80 a 90 % para preservar a bateria de um envelhecimento precoce.



Figura 2.9 – Carregamento rápido de 50 kW DC

Pontos Fortes

Comparando com o FCVE e MCI, os pontos fortes são os seguintes:

- Elevada fiabilidade da bateria (um TESLA S chegou aos 400.000 milhas (643.737 km) em 3 anos e um Nissan Leaf de 24 kWh chegou aos 300.000 km);
- Maior rendimento global (80 %);
- O menor custo por km face aos MCI e FCVE;
- Menor custo de manutenção.

Pontos Fracos

Presentemente os pontos fracos são os seguintes:

- Preço mais elevado em relação ao MCI, mas mais barato que o FCVE;
- O tempo de abastecimento é mais demorado;
- A autonomia poderá ser inferior, dependente do VE;
- Pontos de carga rápida em número reduzido.

3. Carregamento dos Veículos Elétricos

3.1. Carga lenta

A carga lenta, para as baterias atuais, é a ideal, permitindo menor degradação e maior longevidade da bateria.

Habitação

Para quem tem uma potência contratada que permita o uso de uma tomada de 16 A (ver secção 2.2), a carga lenta é a ideal. Mas, com o previsível aumento de vendas irão aumentar os carregamentos domésticos, o que poderá sobrecarregar as redes de baixa tensão (BT). As redes elétricas BT são dimensionadas com fatores de simultaneidade inferiores a 1, por se verificar que a probabilidade de os consumidores ligarem ao mesmo tempo cargas elevadas é baixa, e se ligarem, é no período curto das refeições.

A carga do VE altera completamente este paradigma, por ser uma carga elevada e prolongar-se por muitas horas.

Habitações coletivas (prédios)

Nos prédios, o carregamento de VE tem difícil resolução, dado que habitualmente as garagens serem coletivas e onde as tomadas são de serviços comuns com potência reduzida.

3.2. Supercarregadores da Tesla e Ultrarápidos

A Tesla está a criar a nível mundial uma rede de supercarregadores. No início de 2018 entraram em serviço os primeiros 2 [13], o primeiro em Fátima (ver figura 2.10) com 8 postos de carga a 120 kW cada, com alimentação a partir de um PT aéreo MT (15 kV) e junto a um restaurante e pensão localizado (eixo Porto-Lisboa). O segundo em Montemor (ver figura 2.11) com 8 postos de carga a 120 kW cada, integrado nas instalações de uma estrutura hoteleira (eixo Lisboa-Madrid).



Figura 2.10. Supercarregador da Tesla em Fátima



Figura 2.11. Supercarregador da Tesla em Montemor

Estes supercarregadores a 120 kW, permitem carregar a bateria de 100 kWh do Tesla S 100D em menos de uma hora.

Estão previstos pela Tesla abrir em breve em:

- Faro (eixo Algarve-Sevilha);
- Castro Verde (eixo Lisboa-Algarve);
- Guarda (eixo Porto-Espanha-França);
- Braga (eixo Porto-Galiza);
- Vila Real (eixo Portugal-Espanha-França).

O custo dos carregamentos depende do ano de aquisição do carro. Caso o Tesla tenha sido adquirido até 2017 são gratuitos, e para os restantes o custo é de 0,23 €/kWh tendo anualmente uma oferta de 400 kWh/ano por cada.

Atá agora a rede da Tesla tem privilegiado a carga nos eixos rodoviário, mas para ultrapassar a dificuldade das cargas na cidade de Los Angeles já está em funcionamento o primeiro supercarregador urbano da Tesla com 20 pontos de carga a 75 kW cada.

Numa crescente evolução das baterias, a Porsche desenvolveu as baterias com tecnologia de 800 V, duplicando a tensão elétrica das atuais. Estas novas baterias permitem os carregamentos ultrarápidos a 350 kW do tipo CCS (Combine Charges System), que neste momento se encontram em fase de testes com carregadores fornecidos pela Efacec [14]. A utilização até 2020 deste tipo de carga permitirá uma carga com um tempo mais próximo dos MCI.



Figura 2.12. Bateria a 800 V da Porsche (fonte: Porsche)

3.3. Soluções para um cenário de grande penetração de Veículos Elétricos

Num cenário muito provável de grande penetração de VE nos próximos anos, o aumento de carregadores rápidos e ultrarápidos até ao número de pontos de carga dos combustíveis tradicionais será a chave para resolver o problema da sua carga.

Existindo infraestruturas elétricas em todo o país, será fácil a implementação destes postos de abastecimento perto dos pontos fortes da rede elétrica, como por exemplo subestações AT/MT. Estes postos deverão ter desde os atuais 50 kW DC até carregadores ultra rápidos a 350 kW DC em número suficiente para fazer face à procura.

A utilização de baterias para o armazenamento de energia elétrica, com tripla utilização para minimizar o investimento, será outro aspeto importante a implementar, podendo:

- dar apoio à estabilidade das redes elétricas (controlo de frequência);
- absorver os excedentes de energias renováveis;
- minimizar o impacto dos carregamentos dos VE nas redes elétricas.

O aumento do consumo de energia elétrica deverá ser colmatado com novos aproveitamentos de energias renováveis, como por exemplo:

- sistemas fotovoltaicos, preferencialmente com armazenamento, aproveitando os recursos solares existentes nos telhados residenciais industriais ou terrenos que não tenham aptidão agrícola (cenário de verão);
- sistemas de cogeração, preferencialmente com armazenamento, produzindo calor e energia elétrica utilizando biomassa ou biocombustíveis, em alternativa utilizando um combustível de baixo carbono como o gás natural (cenário de inverno).

3. Conclusões

Nas próximas décadas, os veículos automóveis com MCI irão ser progressivamente proibidos de circular nas cidades devido às suas emissões poluentes. E, também, progressivamente a sua venda será proibida para os países poderem cumprir metas de redução de poluição assumidas internacionalmente.

Os veículos automóveis ZE aparecem como as únicas alternativas válidas, atualmente, para substituírem os com MCI, por serem neutros em termos ambientais.

Presentemente, o veículo elétrico é o ZE mais importante, por ter a maior eficiência global e, por isso, menor custo por quilómetro.

A bateria, que inicialmente era considerada o seu ponto fraco, está continuamente a baixar de preço e apresenta atualmente elevada fiabilidade, permitindo aos fabricantes oferecer uma garantia de oito anos na sua aquisição. Com o aumento da sua produção, as marcas irão aumentar a economia de escala, prevendo-se que em 2020 tenham um preço semelhante aos automóveis com MCI.

As redes de carregamento deverão evoluir progressivamente em número e potência disponível para se tornarem numa solução equivalente aos postos de abastecimento de combustíveis convencionais.

4. Bibliografia

- [1] António C. Andrade, “Qual o Futuro das Motorizações em Veículos Automóveis - Fuel - Cell | Elétrico | Combustão Interna” Revista Ingenium Nº162 da Ordem dos Engenheiros

- [2] Philip J Landrigan et al. - The Lancet Commission on pollution and health. [Consult.07Dez. 2017]– Disponível em:
[http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(17\)32345-0.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(17)32345-0.pdf)
- [3] IEA: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - CO2 emissions from fuel combustion 2017 HIGHLIGHTS. [Consulta 07Dez. 2017]
Disponível em:
www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustionHighlights2017.pdf
- [4] REN – Relatório de contas 2016–[Consulta 07 Dez. 2017]
Disponível em:
http://relatorioecontas2016.ren.pt/media/78419/rc_completo.pdf
- [5] CML: Câmara Municipal de Lisboa - Deliberação n.º 247/CM/2011 –[Consulta 07 Dez. 2017]
Disponível em:
http://www.cmlisboa.pt/fileadmin/VIVER/Mobilidade/ZER/Proposta_247-CM-2011_-_1_Fase_ZER.pdf
- [6] TOYOTA. Toyota Mirai - [Consulta 07 Dez. 2017] – Disponível em:
<https://www.toyota-europe.com/newcars/mirai/#/video/tfv2-3-0>
- [7] Motor AC de indução do Tesla S - [Consulta 07 Dez. 2017]
Disponível em:
<https://www.pinterest.pt/pin/423690277421509556>
- [8] Motor AC síncrono de ímanes permanentes do Nissan Leaf [Consulta 07 Dez. 2017]
Disponível em:
<https://www.quora.com/How-is-power-transmitted-from-electric-motor-to-wheels-in-Nissan-Leaf-car>
- [9] Disponível em:
https://www.tesla.com/pt_PT/models/design
- [10] Disponível em:
<https://www.nissanusa.com>
- [11] Disponível em:
<https://teslaportugal.blogspot.pt/2015/01/autonomia-de-conducao-da-familia-model-s.html>
- [12] Blomberg
Disponível em:
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-05/latest-bull-case-for-electric-cars-the-cheapest-batteries-ever>
- [13] Observador.
Disponível em:
<https://observador.pt/2018/01/03/primeiros-supercarregadores-da-tesla-ja-chegaram>
- [14] EFACEC.
Disponível em:
<http://electricmobility.efacec.com/ev-high-power/>