



REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA
GOVERNO REGIONAL
VICE-PRESIDÊNCIA

ERAMAC - Maximização da Penetração das Energias Renováveis e Utilização Racional da Energia nas Ilhas da Macaronésia

Contrato nº MAC/4.3/C1

Projecto co-financiado pela UE - INTERREG IIIB AMC, FEDER - e pela RAM, através da Vice-Presidência do Governo Regional da Madeira, com a colaboração da Direcção Regional do Comércio, Indústria e Energia

INTRODUÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS DE TRANSPORTES NO FUNCHAL

Agosto de 2005



Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira
Edifício Madeira Tecnopolo, 9000-390 Funchal
Tel: 291723300; Fax: 291720033; URL: www.aram.pt

Índice

1. ENQUADRAMENTO	3
1.1. CONTEXTO GERAL	3
1.2. CONTEXTO REGIONAL	6
2. OBJECTIVOS	9
3. NOVAS TECNOLOGIAS PARA OS TRANSPORTES RODOVIÁRIOS	11
3.1. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA VEÍCULOS	11
3.1.1. VEÍCULOS COM MOTORES ELÉCTRICOS	11
3.1.1.1. VEÍCULOS ELÉCTRICOS COM BATERIAS	12
3.1.1.2. VEÍCULOS ELÉCTRICOS COM PILHAS DE COMBUSTÍVEL A HIDROGÉNIO	15
3.1.1.3. VEÍCULOS ELÉCTRICOS HÍBRIDOS	21
3.1.2. VEÍCULOS COM MOTORES TÉRMICOS	24
3.1.2.1. VEÍCULOS MOVIDOS A GÁS NATURAL	24
3.1.2.2. VEÍCULOS MOVIDOS A BIODIESEL	31
3.1.2.3. VEÍCULOS MOVIDOS A HIDROGÉNIO	33
3.1.3. VEÍCULOS MOVIDOS A AR COMPRIMIDO	33
3.2. OUTRAS TECNOLOGIAS PARA A GESTÃO DO TRÁFEGO E APOIO AO UTENTE	35
3.2.1. SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA COM LEDS	35
3.2.2. DISPOSITIVOS INFORMATIVOS PARA O UTENTE	37

1. ENQUADRAMENTO

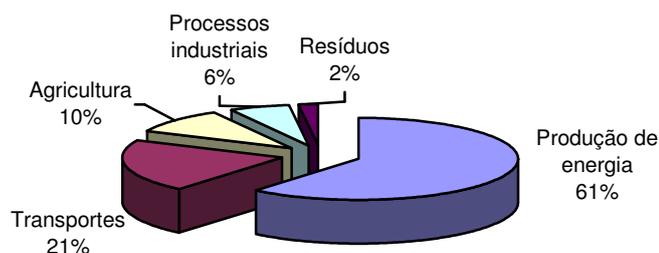
1.1. CONTEXTO GERAL

Os transportes terrestres estão fortemente associados à degradação da qualidade de vida em meio urbano, onde o ritmo acelerado de crescimento resulta num aumento insustentável dos problemas causados pelo tráfego, afectando a mobilidade nos centros urbanos e qualidade do ambiente, em particular no que refere à qualidade do ar e ao ruído.

O sector dos transportes é ainda um dos principais responsáveis pelo fraco desempenho nacional relativamente ao cumprimento dos compromissos assumidos com o Protocolo de Quioto. Os transportes de passageiros representavam, em 1990, cerca de 30% das emissões nacionais de CO₂, estimando-se um aumento para cerca de 40% em 2010, sendo que as emissões provenientes da mobilidade em meio urbano representam cerca de 40% da totalidade das emissões do transporte rodoviário.

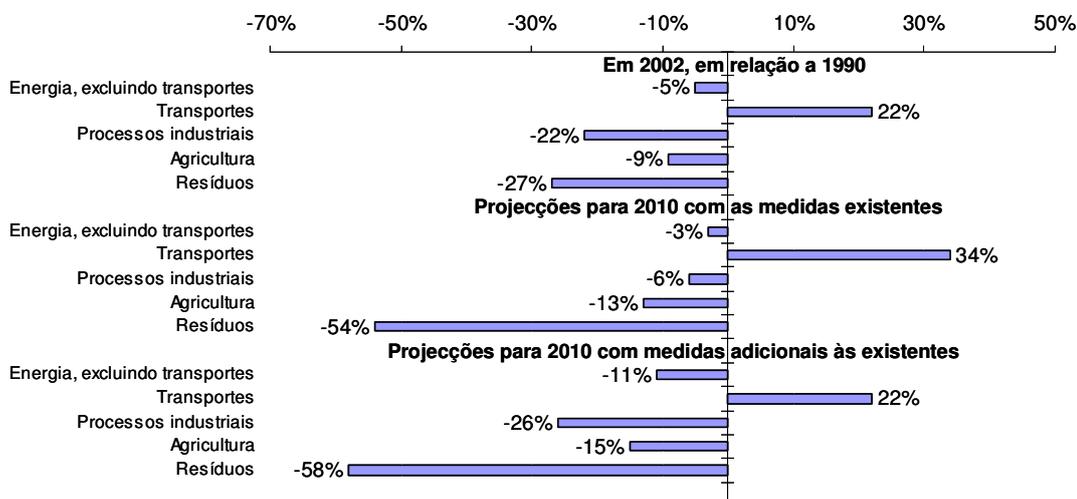
Idênticas considerações podem ser feitas para o conjunto dos Estados-membros da UE-15, mesmo que, em valor absoluto, os dados possam diferir, como se pode verificar na Figura 1. De facto, em 2002, o sector dos transportes era responsável por 21% das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) na UE-15, só ultrapassado pelo sector da produção de energia com 61%.

Figura 1: Emissão de GEE por sector de actividade na UE-15, em 2002



Apesar das medidas preconizadas e introduzidas por diversos Estados-membros até 2002, as emissões de GEE diminuíram, em relação a 1990, em todos os sectores de actividade, com a excepção do sector dos transportes. Com as medidas existentes, as projecções para 2010 evidenciam um aumento de 34% relativamente a 1990 e, mesmo com a adopção de medidas adicionais, estima-se um aumento de 22% de emissões no sector dos transportes, enquanto se perspectiva diminuições significativas nos restantes sectores de actividade (Figura 2).

Figura 2: Variação das emissões de GEE na UE-15 por sector de actividade em 2002 e projectadas para o período 1990-2010 com as actuais medidas e com a introdução de medidas adicionais



FONTE: European Environment Agency “Greenhouse emission trends and projections in Europe 2003”

Assim, a diminuição das emissões de GEE e o cumprimento de compromissos assumidos passará, em grande parte, por acções que possam vir a ser introduzidas no sector dos transportes rodoviários.

Com este pressuposto, o Livro Verde da Comissão “Para uma Estratégia Europeia de Segurança do Abastecimento Energético”, que data de Novembro de 2000, preconiza a alteração do consumo de combustíveis através de uma intervenção política nos transportes, fixando como objectivo, até 2020, por um lado, a substituição de 20% dos combustíveis convencionais por combustíveis alternativos e, por outro lado, a sensibilização e o comprometimento dos construtores para alterações dos motores que conduzam à diminuição dos consumos de combustível e da respectiva emissão de poluentes.

De igual forma, a Directiva 2003/30/CE, sobre a introdução de combustíveis alternativos na UE em substituição dos combustíveis fósseis, aponta metas intermédias para as diversas alternativas, patentes no Quadro 1, de forma a atingir o objectivo de substituição de mais de 20% até 2020.

Quadro 1: Calendarização da substituição de combustíveis de origem fóssil por combustíveis alternativos - Directiva 2003/30/CE

Ano	Biocombustíveis (%)	Gás natural (%)	Hidrogénio (%)	Total (%)
2005	2	-	-	2
2010	5,75	2	-	7,75
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

Esta calendarização, que inicia o processo de substituição com os biocombustíveis, seguida do gás natural e, só a partir de 2015, com o hidrogénio, tem razões concretas para assim ter sido apresentada.

Efectivamente, o potencial de penetração de qualquer combustível alternativo tem de ser avaliado em função de diversos critérios que requerem diferentes tipos e níveis de investimento em infra-estruturas e equipamentos.

A produção de biocombustíveis é hoje um processo tecnologicamente conhecido e industrialmente implantado em diversos Estados-membros, estando portanto disponível para a sua introdução imediata, realçando-se ainda que, nas proporções que a Directiva aponta, não é necessária a criação de infra-estruturas de distribuição, podendo ser utilizadas as actuais estruturas dos combustíveis existentes no mercado, desde que as misturas de combustíveis de origem fóssil com os biocombustíveis sejam efectuadas pelas próprias empresas distribuidoras. Para além da facilidade logística e económica, esta perspectiva permite fornecer uma maior garantia de qualidade aos consumidores.

No que se refere ao gás natural, embora já esteja actualmente instalado e em uso em muitos países membros, incluindo em Portugal Continental, a sua rede de distribuição não está, em geral, uniformemente instalada em todas as regiões geográficas da maioria dos países. Além disso, necessita da criação de infra-estruturas junto dos locais tradicionais de abastecimento de combustíveis. A Região Autónoma da Madeira (RAM) ainda não é abastecida por este combustível, embora provavelmente venha a ser introduzido a partir de 2007/2008. Nessa altura, poderá constituir uma opção para a Região, também como combustível alternativo para o sector dos transportes.

Finalmente, o hidrogénio, sendo possivelmente o combustível alternativo mais promissor, com grandes vantagens do ponto de vista ambiental, necessita ainda de grandes investimentos em I&D, para que possa vir a ser uma realidade em 2015 com as proporções preconizadas. Um sistema de transportes com base no hidrogénio implica importantes alterações na tecnologia e na logística de abastecimento actual.

1.2. CONTEXTO REGIONAL

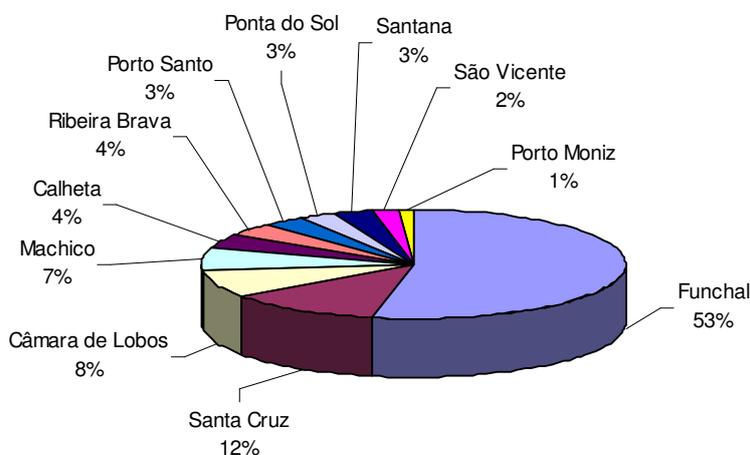
Na Região Autónoma da Madeira (RAM), o rápido crescimento económico e do poder de compra nos últimos anos, bem como a melhoria das acessibilidades, motivaram um crescimento bastante acentuado do parque automóvel particular. De acordo com o Plano Regional da Política de Ambiente (2000), em 1990, 25% dos agregados possuía automóvel, tendo praticamente duplicado até 1997 (49%). Em alguns concelhos, o parque automóvel aumentou cerca de 5 a 6 vezes, entre 1988 e 1997. De acordo com este Plano, o parque automóvel ligeiro cresceu 50% no Funchal, e 104% na ilha da Madeira, entre 1988 e 1997, como se apresenta no quadro seguinte, para o Funchal e concelhos vizinhos.

Quadro 2: Evolução do Parque Automóvel entre 1988 e 1997

	1988			1997			Variação ligeiros 1988-97	Variação total 1988-97
	Ligeiros de passageiros particulares	Total	%	Ligeiros de passageiros particulares	Total	%		
Câmara de Lobos	614	1 127	54%	3 641	5 334	68%	493%	373%
Funchal	20 579	29 885	69%	30 767	40 811	75%	50%	37%
Santa Cruz	873	1 635	53%	5 138	7 565	68%	489%	363%
Machico	495	912	54%	3 273	4 795	68%	561%	426%
Ilha da Madeira	23 874	36 430	66%	48 692	68 510	71%	104%	88%

FONTE: Instituto de Seguros de Portugal

Figura 3: Distribuição do Parque Automóvel por Concelho em 1999

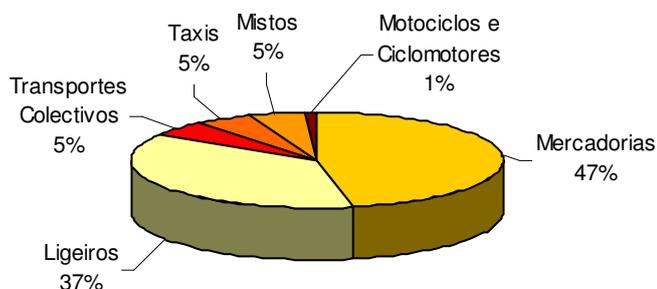


De acordo com o Plano de Política Energética da Região Autónoma da Madeira (2002), em 2000, o sector dos transportes foi responsável pela maior parcela da procura de energia final da Região, com cerca de 57% do consumo total, sendo 89% referente aos transportes terrestres. Entre 1991 e 2000, a procura de energia final do sector dos transportes teve um crescimento de 133%.

As características físicas da rede viária, nomeadamente, a reduzida largura e os declives acentuados das vias, resultam em maiores consumos de energia por quilómetro percorrido e em impactes ambientais mais significativos.

Em 2000, para os transportes terrestres, este Plano estima a seguinte repartição dos consumos de energia por categoria de veículos.

Figura 4: Repartição do Consumo de Energia por Meio de Transporte Terrestre na RAM



Quadro 3: Evolução da venda de combustíveis na RAM, 1990-2001

Ano	Gasóleo [t]	Gasolina Super [t]	Gasolina Normal [t]	Gasolina s/ Pb 95 [t]	Gasolina s/ Pb 98 [t]	Gasolina aditivada [t]
1990	38.703	19.693	733			
1991	42.767	21.804	410	321		
1992	50.465	23.918		1.273		
1993	49.813	24.067		2.230	1.211	
1994	51.106	23.054		2.273	3.922	
1995	54.784	22.009		0	8.620	
1996	62.388	22.029		2.003	6.958	
1997	70.410	21.787		3.979	11.851	
1998	73.767	19.643		4.628	13.518	
1999	79.737	14.238		6.073	17.125	
2000	83.097			6.559	24.033	12.745
2001	84.475			7.303	26.974	10.641

Fonte: DGGE – Direcção Geral de Geologia e Energia

De 1997 a 2005, com as facilidades de crédito, o apelo ao consumo, o desenvolvimento económico e as melhorias das acessibilidades rodoviárias na RAM, estima-se que o parque automóvel e os consumos de energia tenham sofrido um crescimento acentuado, em especial para o transporte particular ligeiro.

Atendendo à evolução verificada nos últimos anos na RAM, é de prever, a médio prazo, um agravamento significativo dos problemas de tráfego e da poluição nos centros urbanos, especialmente no Funchal, resultante do crescimento do transporte individual, com elevados custos sociais, ambientais e económicos, que se traduzem consequentemente numa degradação da qualidade de vida.

As novas infra-estruturas rodoviárias que têm vindo a surgir beneficiam, essencialmente, o transporte individual, levando o transporte público a perder competitividade a médio prazo. Por outro lado, as infra-estruturas viárias e de estacionamento dos centros urbanos não estão preparadas para os picos de procura de transporte individual gerados pelas melhorias das acessibilidades que vão sendo implementadas.

2. OBJECTIVOS

No contexto regional, uma gestão adequada dos sistemas de transportes terrestres pode proporcionar vantagens ambientais e de qualidade de vida significativas, para a população residente e visitante, em particular no Funchal. Assim, e em consonância com os principais instrumentos de planeamento da RAM, é importante desenvolver acções que se traduzam:

- Na introdução de novos meios de transporte não poluentes, mais eficientes e atractivos, adaptados à dimensão e características dos centros urbanos consolidados;
- Na melhoria da gestão do tráfego urbano, tendo em vista a redução dos congestionamentos e dos impactes ambientais e sociais associados;
- Na promoção do transporte público e na transferência inter-modal (com a criação de interfaces entre o transporte privado e o transporte público, incluindo o *Park & Ride*), de modo a reduzir os volumes de tráfego individual e as necessidades de estacionamento nos centros urbanos.

Assim, este trabalho visa analisar a introdução de novas soluções de transportes rodoviários e meios de gestão e controlo do tráfego na cidade do Funchal, o principal centro urbano da Região, com recurso a tecnologias mais atractivas, mais eficazes, energeticamente mais eficientes e de menor impacte ambiental, com o objectivo de:

- Demonstrar novas tecnologias e catalisar o interesse pela introdução e desenvolvimento de novos equipamentos de transporte público assentes em tecnologias menos poluentes e associadas a sistemas *Park & Ride*;
- Reduzir os consumos de energia por passageiro-quilómetro transportado;
- Reduzir o ruído e as emissões de poluentes atmosféricos no centro do Funchal;
- Implementar frotas de transportes adequados às vias existentes.
- Facilitar a mobilidade no centro da cidade do Funchal, principalmente para pessoas com mobilidade reduzida e utentes de parques de estacionamento localizados junto ao trajecto abrangido pelo serviço;
- Reduzir as necessidades de utilização do transporte particular no centro da cidade do Funchal, atenuando os problemas de congestionamento de tráfego;
- Incentivar novas lógicas de mobilidade e estacionamento, que ajudem a melhorar a qualidade de vida e a valorizar a imagem do núcleo histórico da cidade do Funchal;
- Valorizar a imagem dos transportes públicos e promover a sua utilização.

No contexto da introdução de novas tecnologias para os veículos rodoviários adequadas às características da cidade do Funchal, destaca-se:

- Mini-autocarros públicos eléctricos (com baterias electroquímicas, com pilhas de combustível a hidrogénio, ou híbridos) – evitam as emissões de poluentes atmosféricos e o ruído nas áreas centrais, com impacte favorável na qualidade de vida em meio urbano;
- Autocarros públicos movidos a biodiesel – biocombustível que pode substituir parte do gasóleo actualmente consumido pelos transportes rodoviários;
- Autocarros públicos movidos a gás natural – uma tecnologia a considerar quando este combustível for introduzido na Região;
- Frotas de veículos ligeiros, pesados e de utilização específica, de entidades privadas e públicas, como o Governo Regional, autarquia local, entre outras, através de tecnologias e combustíveis alternativos;
- Frotas de táxis e de rent-a-car movidos através de tecnologias e combustíveis alternativos.

No contexto das novas tecnologias de gestão da mobilidade e segurança rodoviária aplicáveis às características da cidade do Funchal, destaca-se:

- Preparação dos transportes públicos com espaços reservados a equipamentos de crianças (carrinhos de bebés) e de utentes com dificuldades motoras, e ainda de rampas de acesso;
- Criação de uma rede de informação ao utente, no interior e no exterior dos autocarros, de forma a melhorar a qualidade da oferta dos serviços de transporte público e incentivar a sua utilização, principalmente junto daqueles que ainda não utilizam este meio para a sua mobilidade dentro da cidade;
- Introdução de novos sistemas integrados de gestão de tráfego, por forma a melhorar o controlo e a segurança associados à mobilidade, e de equipamentos de sinalização energeticamente eficientes.

Embora a introdução de novas tecnologias nos transportes públicos no centro do Funchal tenha como público alvo, prioritariamente, as pessoas de mobilidade reduzida e os utilizadores de transporte particular e de parques de estacionamento, beneficiará também, directa ou indirectamente, grande parte da população e visitantes. Por um lado, os utentes da via pública podem recorrer a um serviço de transporte central de elevada mobilidade e frequência, que não existe actualmente, por outro lado, mesmo os que não utilizem o serviço, beneficiam com a redução dos congestionamentos, das emissões atmosféricas e do ruído.

A demonstração de novas tecnologias aplicadas aos transportes rodoviários e à mobilidade tem igualmente por alvo os decisores regionais e locais do sector dos transportes e do ordenamento do território.

3. NOVAS TECNOLOGIAS PARA OS TRANSPORTES RODOVIÁRIOS

No que concerne aos transportes rodoviários, das mais diversas gamas e diferentes tipos de utilização, há a salientar algumas das alternativas que podem contribuir para a melhoria da eficiência energética no sector e, conseqüentemente, obter melhorias ambientais e sociais na Região, em particular no principal centro urbano, a cidade do Funchal.

3.1. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA VEÍCULOS

3.1.1. VEÍCULOS COM MOTORES ELÉCTRICOS

Os veículos eléctricos diferenciam-se dos convencionais pelo facto de utilizarem um sistema de propulsão eléctrica. A sua utilização é já considerada uma alternativa interessante e com viabilidade em determinadas situações de mobilidade, desde que se enquadre numa política equilibrada e sustentável de transportes.

Os veículos rodoviários com propulsão eléctrica podem ser:

- Veículos alimentados a partir de baterias electroquímicas;
- Veículos eléctricos alimentados a partir de pilhas de combustível a hidrogénio;
- Veículos eléctricos híbridos (combinação do motor eléctrico com o motor térmico).

Atendendo à conjuntura actual, já são muitos os fabricantes que têm vindo a disponibilizar no mercado veículos de propulsão eléctrica de várias gamas e com as mais diversas aplicações, incluindo veículos de duas rodas, veículos ligeiros e pesados de passageiros e mercadorias, entre outros com utilizações mais específicas.

As principais vantagens dos veículos de propulsão eléctrica em relação aos veículos com motores convencionais de explosão e de combustão interna, são:

- **Condução mais limpa e silenciosa** – A utilização de sistemas de propulsão eléctrica não implica a emissão de gases de escape nos centros urbanos e o seu funcionamento é extremamente silencioso.
- **Baixos custos de operação** – Segundo estudos existentes, os custos com a electricidade nos veículos eléctricos com baterias electroquímicas pode corresponder a cerca de um terço do custo com o combustível utilizado nos veículos com motores de combustão interna, para o mesmo número de quilómetros percorridos. Os custos de manutenção são também substancialmente reduzidos pelo facto de não haver necessidade de operações de mudanças de óleo e outras intervenções essenciais e inevitáveis nos motores convencionais.

- **Performance/rendimento do motor eléctrico superior aos motores térmicos:**

- Evita perdas de energia inerentes à complexidade dos sistemas de transmissão mecânica. O rendimento da transmissão eléctrica é próximo dos 100%, face aos 90% da transmissão mecânica;
- O motor eléctrico permite recuperar uma parte da energia despendida durante os períodos de travagem, armazenando-a para posterior utilização;
- O rendimento do motor propriamente dito (a quantidade de energia química que é transformada em energia mecânica/movimento das rodas) é muito superior num motor eléctrico, cerca de 90% a 95%, face a um máximo de 35% num motor de combustão interna (diesel) e ainda inferior num motor de explosão (a gasolina).

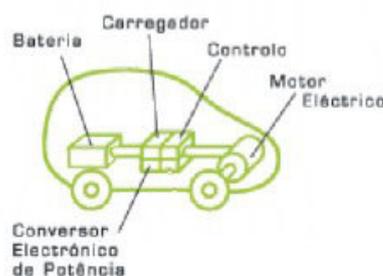
Por outro lado, o custo de aquisição ainda é relativamente superior ao custo dos veículos com motores convencionais, devido, essencialmente, ao facto de ainda serem produzidos em pequenas séries.

A opção por um veículo eléctrico deve ter em conta alguns factores, nomeadamente:

- Tipo de utilização (transporte público de passageiros, ligeiros de passageiros, ligeiros de carga, pesados de carga, recolha de resíduos, etc.);
- Número de quilómetros a efectuar diariamente (autonomia necessária);
- Características do percurso (inclinação, disponibilidade de espaço, paragens, etc.).

3.1.1.1. VEÍCULOS ELÉCTRICOS COM BATERIAS

Estes veículos são alimentados por baterias electroquímicas, carregadas a partir da energia eléctrica, que pode advir de diferentes fontes (petróleo, eólica, hídrica, etc.).



São considerados veículos não poluentes, ou seja, de emissão nula durante a sua circulação. Já do ponto de vista global, o nível de emissões depende da tecnologia e da fonte de energia utilizada na obtenção da energia eléctrica necessária para alimentar as baterias.

As baterias utilizadas neste tipo de veículos têm vindo a evoluir no sentido de melhorar a *performance* e aumentar a sua autonomia, já que estes são, possivelmente, os principais critérios a ter em conta na selecção de um veículo eléctrico com baterias.

De seguida são apresentadas algumas das tecnologias de baterias e as suas principais características:

Quadro 4: Baterias electroquímicas

Tipo de Tecnologia	Chumbo-ácido (Pb/ac)	Níquel-cádmio (Ni/Cd)	Níquel-hidreto metálico (NiHM)	Iões de Lítio (Li-Ion)	Lítio-metal-polímero (Li/p)	Sódio-cloreto de níquel (Na/NiCl ₂)
Energia específica (Wh/kg)	35 - 40	55	70	125	155	80
Potência específica (W/kg)	80	120	200	260	315	145
Densidade de energia (Wh/L)	0	90	90	200	165	130
Vida útil (nº de ciclos de carga)	300	1000	600	+ 600	+ 600	600
Tempo de carga (horas)	6 - 8	6 - 8	6	4 - 6	4 - 6	4 - 6
Autonomia (km)	120	500	700	-	-	-

Fonte: DGGE – Direcção Geral de Geologia e Energia

Por forma a fomentar esta tecnologia e aumentar a confiança junto das entidades com frotas de veículos rodoviários e ainda dos condutores particulares, é necessário criar mais infra-estruturas para o carregamento das baterias. Estes postos podem estar localizados, por exemplo, nas garagens ou parques de estacionamento, possibilitando, desta forma, o carregamento durante a noite, altura em que os veículos têm uma menor utilização e o preço da energia eléctrica proveniente da rede pública é mais baixo. Mas, não é só nas garagens que devem existir postos de carregamento, a sua localização e distribuição pela Região, em particular pelo Funchal, deve ser identificada através da realização de estudos adequados.

A energia eléctrica utilizada para alimentar as baterias electroquímicas pode provir:

- Directamente da rede pública;
- Sistemas autónomos fotovoltaicos ou eólicos;
- Sistemas híbridos (fotovoltaicos ou eólicos e rede pública);
- Outras combinações de tecnologias.

De seguida são apresentados alguns dos veículos eléctricos com baterias electroquímicas possíveis de encontrar no mercado. No entanto, convém mencionar a existência de outras tipologias de veículos que também utilizam este sistema de propulsão, nomeadamente, *scooters*, bicicletas, carros de golfe, entre outras, os quais não são aqui referidos pelo facto de não se enquadrarem nos principais objectivos deste estudo.

Marca e Modelo	Fotografia
Citroën Berlingo Eléctrico	
Citroën Saxo Eléctrico	
Fiat Seiscento Electra	
Piaggio Porter Eléctrico	

Já existem diversas entidades em Portugal, públicas e privadas, que introduziram os veículos eléctricos com baterias electroquímicas nas suas frotas, por exemplo:

- Câmara Municipal de Lisboa
- Câmara Municipal do Porto
- Câmara Municipal de Viana do Castelo
- Câmara Municipal de Évora
- Câmara Municipal de Beja
- Ericeira com veículo eléctrico para recolha selectiva porta-a-porta
- CTT – Correios de Portugal (como exemplo, distribuição postal no Centro Histórico de Évora)
- LIPOR – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto
- EDP – Energias de Portugal
- EMEL - Empresa Pública Municipal de Estacionamento de Lisboa, E.M.

Algumas das vantagens desta tecnologia relativamente aos motores térmicos convencionais são:

- Diminuição significativa do ruído;
- Menor consumo;
- Elevada eficiência a qualquer velocidade;
- Arranque suave;
- Dispensa a embraiagem e a caixa de velocidades.

As principais desvantagens prendem-se com:

- Autonomia limitada entre os 90 e os 150 km;
- Velocidade limitada, o que pode não corresponder totalmente a uma desvantagem em circuitos urbanos.

3.1.1.2. VEÍCULOS ELÉCTRICOS COM PILHAS DE COMBUSTÍVEL A HIDROGÉNIO

O hidrogénio

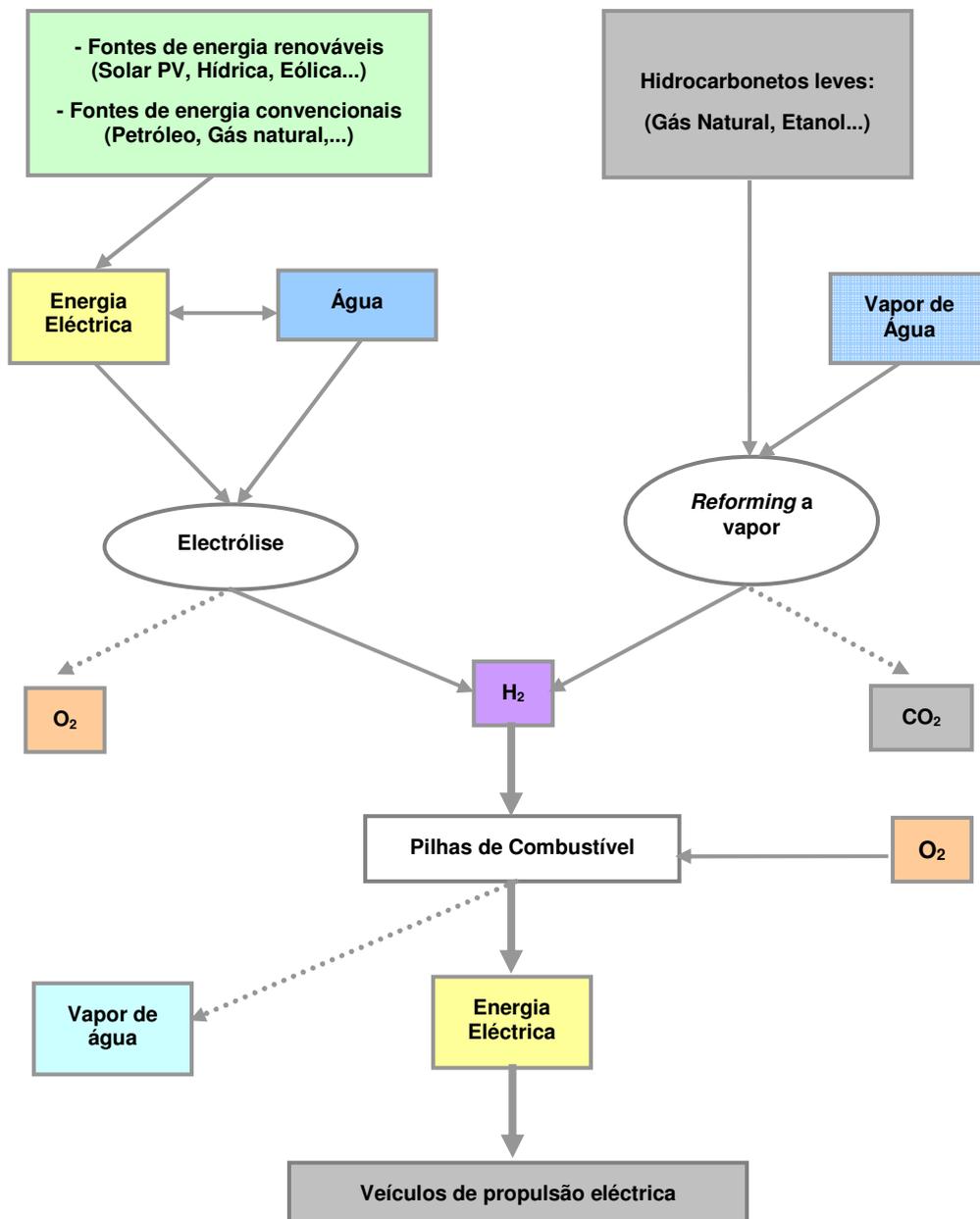
O hidrogénio é um dos elementos mais abundantes em todo o Universo e na Terra e tem as seguintes características:

- No seu estado natural e sob condições normais, é um gás incolor, inodoro e insípido;
- É um elemento quimicamente muito activo, por isso, raramente permanece sozinho, encontrando-se normalmente combinado com outros elementos, com o Oxigénio na água (H_2O), com o Carbono no metano (CH_4), e ainda na maioria dos compostos orgânicos;
- Possui maior quantidade de energia por unidade de massa que qualquer outro combustível conhecido, por isso, a sua combustão directa produz uma quantidade significativa de energia (electricidade e calor) e, como subprodutos, apenas liberta água;
- Tem um baixo peso molecular que, quando arrefecido até ao seu estado líquido, ocupa um espaço equivalente a 1/700 daquele que ocuparia no estado gasoso – uma das razões pelas quais este elemento é utilizado como combustível para propulsão de foguetes e cápsulas espaciais, que requerem combustíveis de baixo peso, compactos e com grande capacidade de armazenamento de energia;
- Quando queimado com ar, constituído por cerca de 68% de Nitrogénio (Azoto), são formados alguns óxidos de nitrogénio (NO_x), continuando, mesmo assim, a ser menos poluente do que a queima dos combustíveis fósseis.

Produção de hidrogénio

O hidrogénio não se encontra disponível no seu estado puro como uma fonte de energia primária, sendo, por isso, considerada uma fonte de energia intermediária, que necessita de outras fontes de energia para a sua extracção dos compostos como a água e o gás natural, por exemplo. Os processos mais usuais e viáveis de produção de hidrogénio, como combustível alternativo para o sector dos transportes, estão representados no esquema que se segue.

Figura 5: Processos de obtenção de hidrogénio para usar nas Pilhas de Combustível



Electrólise – Processo que consiste na passagem de uma corrente eléctrica pela água de forma a decompô-la em hidrogénio e em oxigénio. É um processo que requer grandes quantidades de energia eléctrica, sendo, por esta razão, mais viável quando a electricidade provém directamente de fontes de energia renováveis. Neste caso, o processo de produção de hidrogénio não produz emissões poluentes.

Reforming a vapor – Processo térmico efectuado a temperaturas da ordem dos 200 °C, ou superiores, e que envolve a reacção do gás natural (CH₄), ou de outro hidrocarboneto leve, com vapor de água. A energia térmica utilizada é para dissociar o hidrogénio do carbono no hidrocarboneto, envolvendo a reacção destes combustíveis com vapor de água em superfícies catalíticas. Numa primeira fase da reacção, o combustível decompõe-se em água (H₂O) e monóxido de carbono (CO), enquanto que numa segunda fase dá-se uma reacção que transforma o CO e a H₂O em dióxido de carbono (CO₂) e hidrogénio (H₂). Este processo liberta CO₂, mas em menores quantidades do que os combustíveis derivados do petróleo.

Para além destes processos, que podem ser aplicados na Região de forma viável e sustentável, existem outros que podem ser consultados em bibliografia específica.

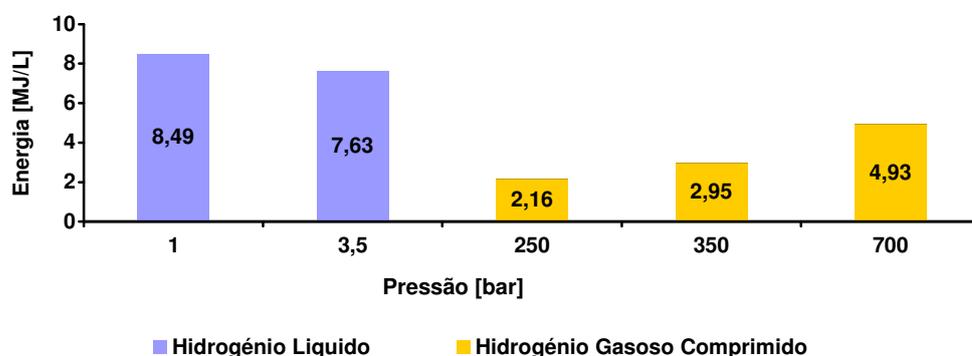
Armazenamento do hidrogénio

O hidrogénio (H₂), na qualidade de combustível, pode ser armazenado de diferentes formas, sendo as mais usuais:

- Na forma gasosa, em depósitos sob pressão (350 a 700 bar) e à temperatura ambiente;
- Na forma de líquido criogénico, a -250 °C, em depósitos isolados e a baixa pressão.

O hidrogénio líquido tem um volume de armazenamento cerca de 10 vezes inferior para a mesma quantidade de hidrogénio. No entanto, o armazenamento de H₂ no estado gasoso requer menos energia do que no estado líquido, como se pode verificar no gráfico seguinte.

Figura 6: Energia necessária para os diferentes estados de armazenamento do hidrogénio

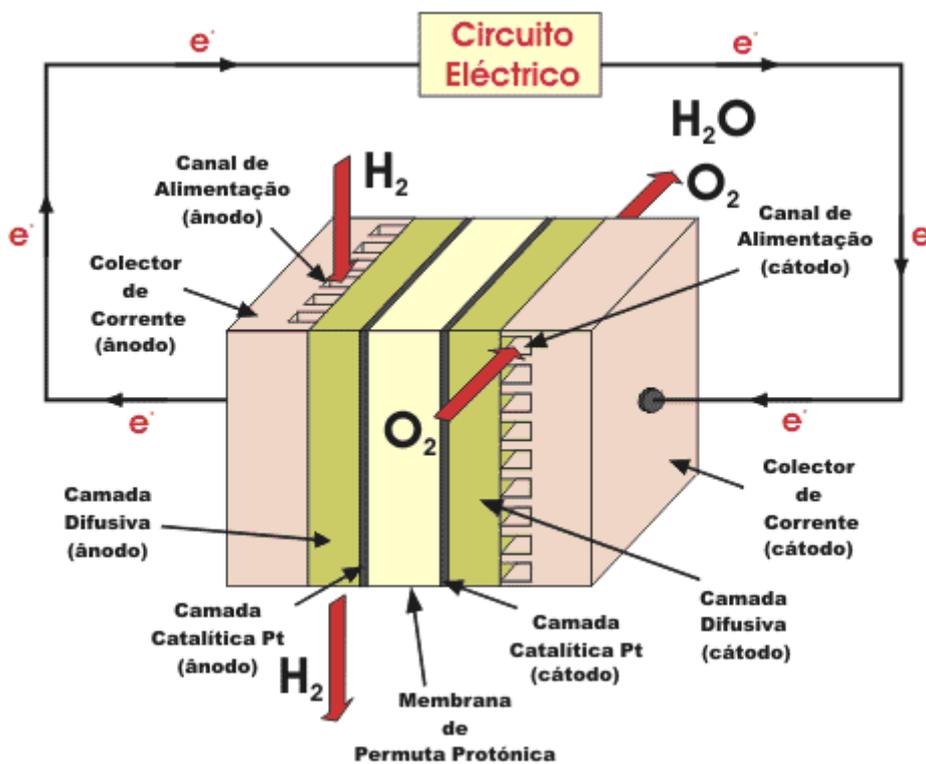


Fonte: Hydrogen technologies, Special Edition – Fuell Cell Marathon

Pilhas de Combustível

As Pilhas de Combustível (PC), ou *Fuel Cells* (FC), podem ser definidas como baterias que funcionam continuamente desde que sejam alimentadas por um combustível. O princípio de funcionamento baseia-se na reacção electroquímica do hidrogénio com o oxigénio, gerando energia eléctrica e libertando vapor de água como subproduto, sendo, praticamente nulas as emissões poluentes. As PC funcionam com reduzidos níveis de ruído porque o sistema não envolve processos de combustão nem componentes mecânicos móveis. A eficiência energética representa cerca de 40% a 50%, no que refere à produção de energia eléctrica, podendo ultrapassar 90%, se for também considerado o aproveitamento do calor libertado.

Figura 7: Princípio de funcionamento de uma Pilha de Combustível a hidrogénio



Existem diversos tipos de Pilhas de Combustível, com diferentes aplicações, designadamente:

- **Células de Combustível PEM** – Aplicáveis nos transportes devido à sua rápida entrada em funcionamento;
- **AFC - Células de Combustível Alcalinas** – A principal aplicação verifica-se a nível espacial;
- **PAFC - Células de Combustível de Ácido Fosfórico** – São tipicamente desenhadas para aplicações estacionárias de produção de energia eléctrica;

- **MCFC - Células de Combustível de Carbonatos Fundidos** – Grande aplicação a nível de produção de electricidade, com a possibilidade de aproveitar o calor para outros fins (cogeração) e funcionam principalmente a gás natural;
- **SOFC - Células de Combustível de Óxido de Azoto** – Indicadas para a produção de electricidade e, tal como as MCFC, funcionam a gás natural;
- **DMFC – Direct methanol fuel cell**
- **SPFC - Células de Combustível de Polímeros Sólidos**
 - SPEFC – Solid polymer electrolyte fuel cell
 - PEFC – Proton exchange fuel cell ou polymer electrolyte fuel cell
 - PEMFC – Proton exchange membrane fuel cell
 - IEMFC – Ion exchange membrane fuel cell

Veículos com Pilhas de Combustível a hidrogénio

A alimentação de veículos com Pilhas de Combustível a hidrogénio pode ser feita através do armazenamento directo deste combustível a bordo, ou através da sua produção a bordo a partir de um combustível líquido armazenado (gás natural, por exemplo).

Este sistema não requer combustão uma vez que o combustível utilizado, o hidrogénio, é convertido directamente em energia eléctrica. Desta forma, é admissível referir que os motores eléctricos com PC operam com uma maior eficiência do que os motores térmicos convencionais.

A principal desvantagem desta tecnologia, prende-se ainda com o seu peso superior relativamente aos motores convencionais.

Alguns dos veículos existentes no mercado com Pilhas de Combustível a hidrogénio

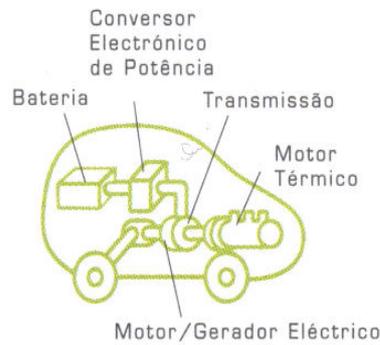
Marca	Modelo	
General Motors	Hydrogen 1	
	Hydrogen 3	

Ford Motor Company	P2000 Prodigy	
	Ford Focus FCV (Híbrido)	
Daimler-Chrysler	F-Cell	
	Mercedes-Benz Cítaró	
	Necar 3	
	Necar 4	
	Necar 5	

	Jeep Commander 2 (hybrid)	
Honda	Honda FCX	
Ballardv Power Systems		
BMW	Sedam CleanEnergy 750hl	
Coval H ₂ Partners	T-100 Neighborhood	

3.1.1.3. VEÍCULOS ELÉCTRICOS HÍBRIDOS

Os veículos híbridos (VH) têm como princípio combinar duas fontes de energia a bordo do mesmo veículo, sendo a combinação mais usual um combustível fóssil com a energia eléctrica, para o fornecimento da energia necessária à sua tracção. Nos veículos eléctricos híbridos (VEH), existe uma bateria que tem como objectivo armazenar a energia eléctrica e fornecê-la ao motor eléctrico. A fonte de energia é um depósito de combustível que tem como função alimentar o motor térmico e accionar directamente as rodas e, por outro lado, fornecer energia mecânica a um gerador eléctrico.



A combinação de duas fontes de energia num veículo tem como objectivos, entre outros:

- Reduzir os consumos de combustível;
- Diminuir consideravelmente as emissões atmosféricas associadas à combustão de combustíveis fósseis em áreas sensíveis (centros urbanos, por exemplo);
- Melhorar a eficiência energética global do veículo.

Algumas das características, entre outras, a considerar sobre os VEH são:

- **Travagem regenerativa** – Nas descidas e travagens, o motor funciona como gerador e alimenta as baterias, aproveitando assim a energia que, em veículos convencionais, é dissipada na travagem.
- **Assistência à tracção do motor eléctrico** – Quando um motor tem dificuldade em satisfazer o binário necessário, podem ser conjugados os dois motores (térmico e eléctrico) para aumentar a potência debitada, por exemplo, nas subidas ou acelerações. Em alguns veículos, são os motores eléctricos que fornecem energia motriz em regime de baixa velocidade, por terem uma melhor eficiência relativamente aos motores térmicos.

A combinação de diversas tecnologias e sistemas de controlo, num veículo híbrido, permite um funcionamento optimizado do motor térmico e possibilita a opção de funcionar apenas com o motor eléctrico em condução urbana, para reduzir o ruído e a poluição atmosférica.

Os tipos de VEH que existem são:

- **Série** – O motor térmico faz accionar o gerador, obtendo-se energia eléctrica para carregar as baterias ou alimentar o motor eléctrico que acciona as rodas;
- **Paralelo** – Ambos os motores, térmico e eléctrico, estabelecem ligação com a transmissão fornecendo energia à rodas, comutando alternadamente;
- **Split** – Combina as características do sistema em série e do sistema em paralelo, em que cada um dos motores conduz um dos dois eixos.

Alguns Veículos Híbridos existentes no mercado

Marca de Modelo	Fotografia
Honda Civic Hybrid	
Honda Accord Hybrid	
Honda Insight	
Toyota Prius	
Ford Escape HEV	
GMC Escape HEV	
Chevy Silverado Hybrid	

TriMet Hybrid Diesel – Electric Buses	
EL25 Hybrid Shuttle	

Em Portugal, para além de alguns veículos ligeiros particulares, existem já autocarros híbridos em utilização em frotas de transportes públicos, designadamente:

- STCP, Porto – 3 autocarros de passageiros, no âmbito do projecto Europeu CUTE;
- CARRIS, Lisboa.

3.1.2. VEÍCULOS COM MOTORES TÉRMICOS

3.1.2.1. VEÍCULOS MOVIDOS A GÁS NATURAL

O Gás Natural (GN), apesar de se tratar de um combustível fóssil e esgotável, representa uma alternativa à utilização do petróleo no sector dos transportes. Trata-se de uma mistura estável de gases em que o principal constituinte é o metano (CH_4), na ordem do 83 a 95% e, assim como os biocombustíveis, a sua utilização no sector dos transportes contribui para a redução da dependência das importações do petróleo e permite obter uma maior segurança do abastecimento energético a médio e a longo prazo. A sua introdução no sector dos transportes apresenta ainda outras vantagens, nomeadamente, a diminuição das emissões atmosféricas que contribuem para a degradação da qualidade do ar em meio urbano.

Este combustível ainda não está disponível na Região Autónoma da Madeira, contudo, a sua introdução na ilha da Madeira está prevista para curto ou médio prazo. Nessa altura, devem ser criadas infra-estruturas adequadas para a sua utilização se alargar ao sector dos transportes.

O GN pode ser usado como combustível para veículos em duas formas, designadamente:

- **Gás Natural Comprimido (GNC)** – O gás natural é pressurizado e armazenado em tanques cilíndricos com pressões acima dos 248 bar. Normalmente, o GNC é um gás canalizado que é

comprimido e secado (remoção de água) nos postos de abastecimento. O GNC é considerado como a mais comum alternativa limpa aos combustíveis derivados do petróleo.

- **Gás Natural Liquefeito (GNL)** – O gás natural liquefeito é arrefecido até -162°C , à pressão atmosférica normal. O GNL pesa menos do que a água, cerca de metade, é incolor, indolor, não corrosivo e não tóxico. Quando vaporizado, a queima dá-se com concentrações de 5 a 15 % misturado com o ar.

A principal diferença entre o GNC e o GNL é a densidade de energia, ou seja, o gás liquefeito tem mais energia por unidade de massa do que o combustível gasoso. Contudo, segundo informação obtida através da APVGN – Associação Portuguesa do Veículo a Gás Natural, neste momento, só existem veículos a GNC a circular em Portugal.

Os veículos a GNC podem ter diferentes tipos de funcionamento:

- **Bi-fuel** – Pode funcionar alternadamente a GN ou através de um combustível convencional. Muitos veículos são concebidos para comutar automaticamente para o combustível convencional quando o reservatório do GN se esgota. Os veículos ligeiros são normalmente *bi-fuel*.
- **Dual-fuel** – Pode funcionar exclusivamente com combustível convencional ou em mistura com GN. Nesta situação, o combustível convencional serve para fazer a ignição do GN.
- **Dedicado** – Veículos que funcionam exclusivamente com GN. Podem ser veículos a gasolina (ciclo *Otto*) convertidos para o GN, ou então fabricados directamente para funcionar com este combustível apenas. Esta tecnologia já se encontra aplicada quer em veículos ligeiros quer em pesados.

O princípio de funcionamento de um veículo a GNC é:

- 1 – O GN comprimido (cerca de 250 bar) é injectado no veículo através de uma válvula, sendo conduzido até aos cilindros de armazenamento;
- 2 – O gás é armazenado em cilindros, inicialmente a cerca de 200 bar, e à medida que o gás é consumido a pressão desce – torna-se necessário abastecer quando a pressão está abaixo dos 15 bar;
- 3 – Se o veículo for *bi-fuel*, deve estar instalado no *tablier* do veículo um dispositivo de comutação entre combustíveis;
- 4 – Quando se selecciona o GN, este sai dos cilindros e percorre uma tubagem rígida para alta pressão até ao compartimento do motor;
- 5 – O GN entra num regulador de pressão, dispositivo que reduz a pressão para valores que permitam vencer as perdas de carga (próxima da pressão atmosférica) até à admissão do motor;
- 6 – A saída do GN do regulador de pressão para o sistema de injeção é controlada por uma electro-válvula, que também tem a função de suspender o fluxo de gás quando se comuta para o outro combustível;
- 7 – O GN mistura-se com ar no sistema de injeção e entra nas câmaras de combustão.

Os veículos convertidos para GN estão sujeitos a pequenas perdas de potência, o que não acontece quando os veículos são fabricados para trabalharem exclusivamente a GN, podendo, neste caso, atingir maior eficiência.

O GN, como combustível para os transportes, pode ser aplicado em:

- Frotas de transportes colectivos;
- Frotas de transportes de mercadorias;
- Frotas veículos de empresas públicas e privadas;
- Frotas de táxis;
- Veículos particulares.

As principais vantagens da utilização do GN no sector dos transportes são:

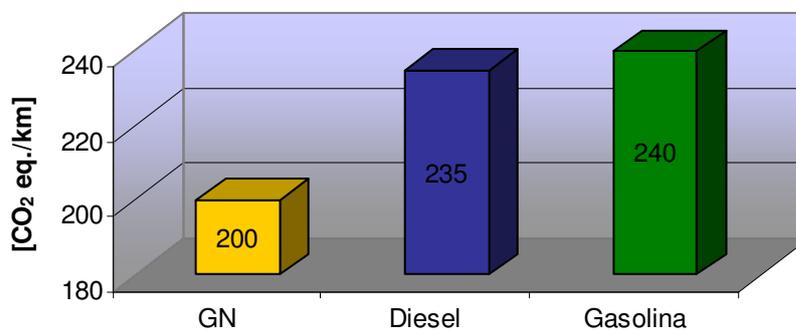
- O GN apresenta, actualmente, um preço inferior aos combustíveis derivados do petróleo;
- A conversão dos veículos para a sua utilização é simples;
- A manutenção necessária é simples e menos dispendiosa, por se tratar de um combustível seco, e o óleo lubrificante mantém-se isento de impurezas durante longos períodos, porque não há produção de carbono durante a combustão;
- Apresenta um rendimento superior ao dos combustíveis derivados do petróleo;
- Aumenta o tempo de vida útil do motor, uma vez que se trata de um combustível limpo e seco e por isso tem uma queima mais completa.
- Sendo o GN um gás mais leve do que o ar, dissipando-se na atmosfera, em caso de acidente, torna a sua utilização mais segura do que os combustíveis derivados do petróleo;
- A temperatura de inflamação é superior a 620°C (a gasolina inflama a 300°C);
- A emissão de poluentes é inferior à dos combustíveis derivados do petróleo, nomeadamente, no que refere a óxidos de azoto (NO_x), dióxido de carbono (CO₂) e monóxido de carbono (CO), sendo por isso, uma boa solução a implementar no sector dos transportes, em particular nas zonas urbanas;
- O GN contém menos carbono por unidade de energia do que qualquer outro combustível fóssil, produzindo, desta forma, menos emissões de CO₂ por quilómetro percorrido, e apesar de os veículos a GN emitirem quantidades significativas de metano, o seu impacte no efeito de estufa é largamente compensado pela redução das emissões de CO₂.

Quadro 5: Propriedades dos combustíveis

Propriedades	Gás Natural	Gasolina	Diesel
Limites de inflamabilidade (% volúmica no ar)	5 a 15	1,4 a 7,6	0,6 a 5,5
Temperatura de auto-ignição (°C)	450	300	230
Energia de ignição mínima (10 ⁶ kJ)	0,26	0,22	0,22
Temperatura-pico de chama (°C)	1884	1977	2054

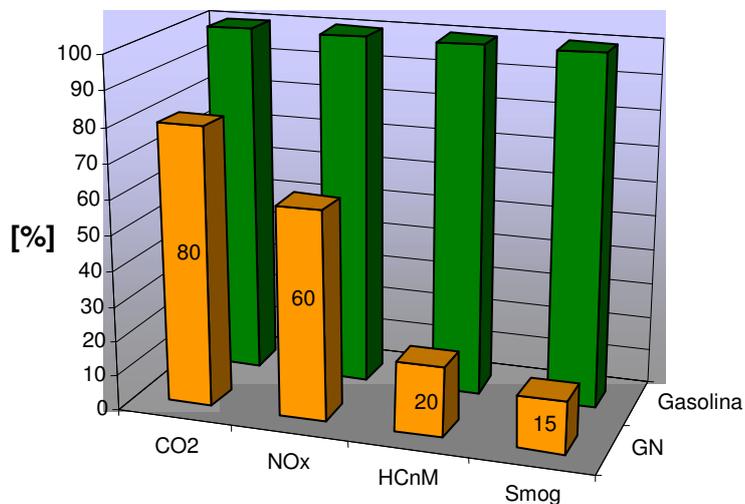
Fonte: Natural Gas Vehicle Coalition

Impacte de diferentes combustíveis no Aquecimento Global



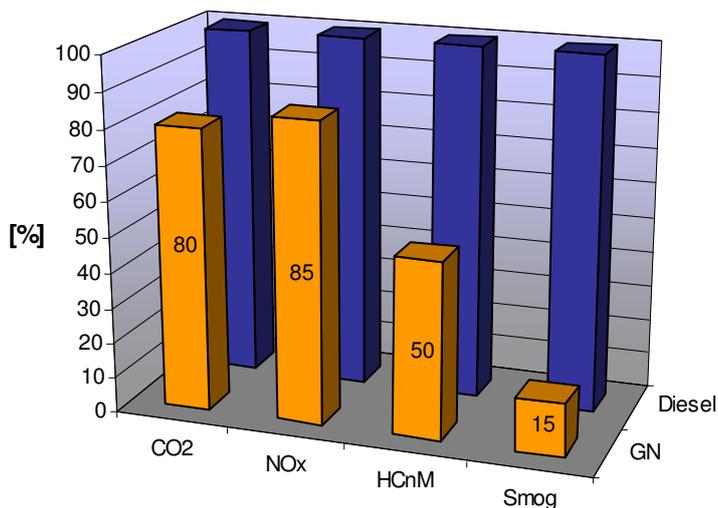
Fonte: ENGVA

Comparação de emissões entre veículos a GN e a gasolina



Fonte: DGTREN, Comissão Europeia

Comparação de emissões entre veículos a GN e o gasóleo



(Fonte: DGTREN, Comissão Europeia)

Alguns dos veículos existentes no mercado que funcionam com GN

Marca de Modelo	Fotografia
Fiat Multipla 1.6 Natural Power	
Fiat Punto 1.2 60 Natural Power	

Fiat Doblò 1.6 Natural Power	
Citroen C3 1.4 GNV	
Citroen Berlingo Multispace 1.4 GNV	
Volkswagen Golf Variant Bi-fuel	
Volvo S60 2.4 Bi-fuel	
Volvo S80 2.4 Bi-fuel	
Mercedes Benz E200 NGT	

Opel Zafira 1.6 CNG	
Peugeot Partner XT 1.4 GNV	
MAN NL 310 CNG	
VOLVO B10L GNC	

Em Portugal Continental, existem algumas empresas que já introduziram veículos a GN nas suas frotas, dispondo de postos de abastecimento próprios, designadamente:

- TUB – Transportes Urbanos de Braga (15 autocarros em circulação);
- STCP – Sociedade de Transportes Colectivos do Porto (175 autocarros em circulação da MAN);
- SMA – Serviços Municipalizados de Aveiro (3 autocarros de passageiros, 12 m, VOLVO B10 L; vão receber outro em breve);
- CARRIS Lisboa (40 autocarros em circulação).

Outras entidades estão actualmente em processo de implementação deste combustível nas suas frotas.

3.1.2.2. VEÍCULOS MOVIDOS A BIODIESEL

De acordo com a Directiva 2003/30/CE, biodiesel é definido por “éster metílico produzido a partir de óleos vegetais ou animais, com qualidade de combustível para motores diesel, para utilização como biocombustível.”

O biodiesel obtém-se por transesterificação química de óleos provenientes de diversas culturas oleaginosas, como soja, colza, girassol, palma, etc., ou de outras fontes como os óleos alimentares de frituras. A fase da transesterificação envolve uma reacção química simples com um álcool de cadeia curta, em regra o metanol, e é catalisada, na maioria dos processos industriais, por um catalisador básico.

O biodiesel apresenta a taxa de crescimento mais rápida dos biocombustíveis, a nível mundial, embora com muito mais expressão na Europa, que passou de uma produção nula em 1991 para cerca de $1,5 \times 10^9$ litros, em 2003.

O uso de biodiesel a 100% (B 100) é comum em alguns países europeus, como a Alemanha ou a Áustria. O uso de misturas com o gasóleo, em concentrações variáveis de 5 a 25% (B5 – B25), é mais comum no resto da Europa e na América do Norte.

A dificuldade de existência de áreas disponíveis para culturas energéticas na RAM não perspectiva que a produção de biodiesel seja possível a partir de óleos vegetais produzidos na Região. Contudo, neste caso, existe a possibilidade de recorrer a matérias-primas alternativas disponíveis, como é o caso dos óleos alimentares usados de frituras (OAU) e outras gorduras que, apesar de sofrerem alterações durante o processo culinário e da armazenagem, continuam a ser constituídos, principalmente, por glicéridos dos ácidos gordos presentes nas gorduras frescas. Estes glicéridos, à semelhança do que acontece com os que estão presentes nos óleos alimentares frescos, podem ser transformados quimicamente numa mistura de ésteres metílicos (biodiesel).

O aproveitamento dos OAU permite a produção de um biocombustível, de origem renovável, biodegradável e não tóxico, traduzindo-se também numa melhoria ambiental, ao evitar a sua deposição nos efluentes domésticos ou nos sistemas de tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs).

A utilização de biodiesel obtido através dos OAU representa outras vantagens, nomeadamente:

- Trata-se da recuperação e valorização de um resíduo, que, de outra forma seria rejeitado ou eliminado inconvenientemente;
- Contribuição para a redução das emissões de CO₂, porque constitui um ciclo fechado de CO₂;
- Não contém compostos carcinogéneos;
- Contribuição para a diminuição do efeito das chuvas ácidas;
- Pode ser utilizado em qualquer motor Diesel, em qualquer percentagem de mistura com gasóleo;
- Não requer armazenamento especial;
- Menos agressivo aos motores;
- Diminuição da quantidade de energia para obtenção do mesmo poder calorífico inferior (PCI);

- Reduz o custo de operação de viaturas;
- Diminuição das importações de combustíveis fósseis.

Relativamente à utilização do biodiesel em motores convencionais Diesel, não são necessárias modificações nos motores e o biodiesel mantém as performances do gasóleo, podendo até melhorar o funcionamento dos motores, permitindo, nomeadamente, uma melhor lubrificação interna e uma melhor performance a baixas rotações.

Tendo em conta as conclusões do estudo que visa a avaliação do potencial de produção de biodiesel através dos OAU expectáveis de ser recolhidos na RAM, também efectuado no âmbito do ERAMAC, a Região apresenta um potencial de produção diária na ordem dos 2500 a 3000 litros de biodiesel através desta matéria-prima. Para isso, será necessário reforçar a recolha dos OAU junto dos principais utilizadores, que são o sector da hotelaria e da restauração, e promover a instalação de uma unidade de produção deste biocombustível, o que constituiria certamente uma mais-valia ambiental, económica, social e energética para a Região.

Existem pelo menos três empresas na Região a fazer a recolha selectiva dos OAU na hotelaria e na restauração, os quais estão a ser reencaminhados para o Continente para valorização, designadamente para produção de biodiesel.

A utilização de biodiesel no sector dos transportes, em particular, nos transportes públicos, é já uma realidade em algumas zonas de Portugal Continental, através de projectos piloto que algumas entidades têm vindo a promover, designadamente:

- Câmara Municipal de Coimbra (com 3 veículos);
- CARRIS, Lisboa (com 18 veículos);
- Câmara Municipal de Sintra;
- Algumas empresas e condutores privados.

Na Europa, existem muitos mais exemplos de aplicação deste biocombustível.

O biodiesel utilizado em Portugal Continental é, em grande parte, de produção nacional. Trata-se de um nicho de mercado que começa a dar os primeiros passos, com resultados satisfatórios. Os sistemas de recolha de óleos alimentares usados carecem ainda de melhorias para aumentar a disponibilidade de matéria-prima e diminuir os encargos inerentes a esta operação, contudo, existem já condições para iniciar a produção de biodiesel na Região. Desta forma, seria consumido um biocombustível produzido localmente com matérias-primas regionais, contribuindo para a redução da dependência energética do exterior no sector dos transportes.

Segundo informação de uma ONG portuguesa, contactada no âmbito deste trabalho, existem actualmente três empresas a produzir biodiesel no Continente e uma que se encontra em fase de instalação. A produção diária destas três unidades é da ordem de 5000 litros/dia, as quais utilizam também óleos alimentares usados produzidos na RAM, que são enviados para o Continente.

Ainda a título de exemplo, foi contactada uma das empresas produtoras de biodiesel em Portugal Continental, a qual informou que o produto obtido através da tecnologia utilizada (desenvolvida pelos próprios) pode ser utilizado a 100%, ou seja, sem mistura com gasóleo. Já foram efectuados alguns testes em diferentes tipos de veículos, desde pesados (Iveco, Man, Scania, Mercedes, etc) a ligeiros (Mercedes S400 Cdi, Citroën Saxo). A mesma entidade informa que não há necessidade de proceder a

qualquer intervenção nos motores, aconselhando a limpeza do depósito e a substituição regular dos filtros do combustível. Em veículos mais antigos, anteriores a 1990 (como o Volvo FL6, o Bedford, etc), é ainda recomendável a substituição dos vedantes dos injectores e bomba. No entanto, é mais usual utilizar misturas de biodiesel com o gasóleo em proporções da ordem dos 5 aos 30%, até pelo facto de a produção ser ainda muito reduzida.

3.1.2.3. VEÍCULOS MOVIDOS A HIDROGÉNIO

O hidrogénio, para além do potencial de utilização em veículos eléctricos com pilha de combustível, pode ser também usado em motores de combustão interna.

A elevada amplitude de inflamabilidade do hidrogénio, quando comparado com os combustíveis convencionais utilizados, permitem uma queima com grande variedade de misturas ar-combustível.

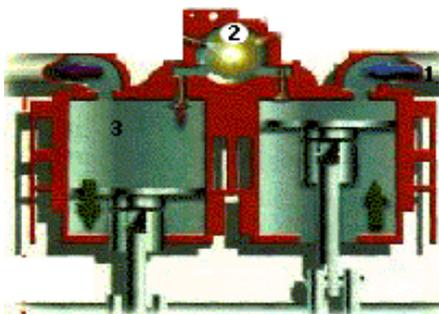
É opinião de alguns especialistas que a utilização do hidrogénio em motores de combustão interna poderá favorecer a criação de infra-estruturas de abastecimento, dando tempo à resolução de alguns problemas existentes ainda nas células de combustível, nomeadamente no que respeita ao comportamento do sistema perante temperaturas negativas.

Um dos principais problemas da utilização de hidrogénio nos motores de combustão interna prende-se com a autonomia que ainda é relativamente baixa, para além das emissões de NO_x pela combustão do hidrogénio, se esta for efectuada com mistura de ar.

3.1.3. VEÍCULOS MOVIDOS A AR COMPRIMIDO

A utilização de Ar Comprimido (AC) para mover um veículo é uma tecnologia relativamente recente no sector dos transportes, mas que começa a ganhar alguma expressão. Esta tecnologia tem sido desenvolvida essencialmente pela MDI – *Moteur Developpment International*, tendo-se adaptado a mesma designação aos veículos a a ar comprimido.

O veículos movidos a ar comprimento conseguem uma autonomia da ordem dos 300 km, utilizando 90 m^3 de ar armazenado em tanques sob pressão a 300 bar.



1. O primeiro pistão (1) absorve e comprime o ar retirado da atmosfera;
2. O ar enviado para a câmara esférica (2) é injectado com alta pressão dos cilindros;
3. A expansão da mistura do ar atmosférico com o ar comprimido faz mover o pistão (3), sendo, desta forma, gerada a energia necessária para o mover do veículo.

O ar que é expulso pelo escape é mais limpo do que aquele que é admitido inicialmente, uma vez que é filtrado durante a compressão, ou seja, existe uma purificação de cerca de 90 m^3 de ar durante o funcionamento do veículo. Também, se pode considerar uma tecnologia alternativa e limpa pelo facto

de não haver utilização de combustíveis fósseis nas áreas onde circulam. A climatização do veículo também se faz através da reciclagem do ar.

Uma vez que este sistema não implica combustão, a mudança do óleo do motor pode ser efectuada apenas aos 50.000 km.

O ar comprimido pode ser obtido por um compressor a bordo utilizando energia eléctrica ou através de carregamentos em postos de abastecimento com super-compressores. Em cerca de 3 minutos é possível recarregar o carro para percorrer mais 200 a 300 km. A recarga com compressor a bordo pode demorar 3 a 4 horas.

No entanto, ainda é uma tecnologia praticamente desconhecida do público e, como tal, assim que este nicho de mercado começar a se expandir, os postos de abastecimento terão de ser adaptados ao fornecimento de ar comprimido.

A título de curiosidade, a autonomia do primeiro motor a ar comprimido, um protótipo, é cerca de duas vezes superior à autonomia da maioria dos veículos eléctricos existentes no mercado, sendo de cerca de 200 a 300 km ou 10 horas de funcionamento.



3.2. OUTRAS TECNOLOGIAS PARA A GESTÃO DO TRÁFEGO E APOIO AO UTENTE

A melhoria da mobilidade urbana passa também pela intervenção noutras áreas associadas ao sector dos transportes, para além dos veículos, nomeadamente, através da melhoria da eficiência e da eficácia da sinalização e da introdução de dispositivos informativos de apoio ao utente, por exemplo.

De seguida são apresentadas algumas tecnologias energeticamente eficientes, associadas à gestão da mobilidade e à segurança rodoviária, e ainda, uma breve descrição dos dispositivos informativos.

3.2.1. SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA COM LEDs

Uma sinalização urbana eficaz e eficiente deverá proporcionar uma boa fluidez do trânsito, garantindo em simultâneo uma maior segurança rodoviária e minimizando os impactes ambientais a nível local e a nível global.

A utilização de LEDs (díodo emissor de luz) na sinalização rodoviária fixa ou em situações pontuais (como obras), tem, entre outras vantagens, a de garantir uma maior segurança rodoviária. Esta tecnologia é cada vez mais usada, tendo vindo a substituir as lâmpadas convencionais utilizadas nos semáforos.

As principais características dos LEDs são:

- Melhor visibilidade em condições adversas – por exemplo, o índice de reflexão da luz do Sol, quando este se encontra atrás do observador, é 50% mais baixo na lâmpada de LEDs do que na lâmpada convencional;
- Elevada precisão na definição da cor acesa e da mensagem transmitida – apresentam um bom contraste e a qualidade da mensagem não é comprometida com a eliminação de 20% do conjunto de LEDs;
- Maior resistência a choques, vibrações e flutuações de tensão da rede eléctrica;
- Redução dos custos de operação e manutenção, incluindo energia e limpeza, no caso dos semáforos;
- Elevada taxa de fiabilidade, que é da ordem dos 99%.

Alguns exemplos aplicações de LEDs na sinalização rodoviária existentes no mercado



No que respeita à sinalização rodoviária de indicação, localização e direcção, também se pode combinar os LEDs com os sistemas fotovoltaicos, devido ao seu baixo consumo de energia, dispensando a ligação à rede eléctrica e a consequente passagem de cabos, para além de reduzir os custos de exploração relativos à energia.

Marcadores solares

Os marcadores solares ou pontos de luz são colocados junto às passadeiras com o objectivo de informar e alertar os condutores da localização das passagens de peões, assegurando, desta forma, uma melhor visibilidade nocturna, sem perturbar a condução, uma vez que o relevo destes pontos de luz tem normalmente apenas cerca de 5 mm acima do pavimento.



Existem vários tipos de marcadores, sendo os mais interessantes em termos energéticos, económicos e ambientais, aqueles em que os pontos de luz são constituídos por LEDs alimentados com energia solar (módulos fotovoltaicos). A combinação de LEDs com os sistemas fotovoltaicos tem várias vantagens, nomeadamente, autonomia energética, longa duração dos LEDs, resistência dos LEDs e dos sistemas fotovoltaicos e reduzida necessidade de operações de reparações e substituições.

3.2.2. DISPOSITIVOS INFORMATIVOS PARA O UTENTE

A introdução de dispositivos electrónicos de informação ao utente, em tempo real, associada a sistemas de gestão de frotas, designadamente nos corredores de transportes públicos, no interior dos próprios autocarros, nos parques de estacionamento periféricos, incluindo os parques do tipo *Park & Ride*, constitui um factor fundamental para favorecer a utilização dos transportes públicos nas zonas urbanas.