

DESAFIOS AMBIENTAIS DA REDE DE ABASTECIMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS – ESTUDO DO CASO DE PORTUGAL

Afonso Domingues¹, Manuel Duarte Pinheiro²

¹ Mestrando de Engenharia e Gestão da Energia, *Técnico*, Universidade de Lisboa, Avenida Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, afonso.domingues@ist.utl.pt

² Engenheiro do Ambiente, Doutorado, Professor DECivil, *Técnico*, Universidade de Lisboa, Avenida Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, manuel.pinheiro@tecnico.ulisboa.pt

Sumário

Os veículos elétricos desafiam a rede de abastecimento a diferentes níveis, quanto à disponibilidade, capacidade, localização, custo do abastecimento, possibilidade de ter um bom desempenho ambiental. A rede existente e desafios ambientais que se colocam em Portugal são analisados e avaliados criticamente nesta comunicação. Esta avaliação utilizando um inquérito realizado e a sua confrontação crítica com os resultados dos questionários feitos noutros países, destaca os desafios ambientais e fatores críticos na rede para assegurar a eletrificação dos veículos, reduzir os impactos ambientais (CO₂) e assegurar a boa adesão dos utentes evidenciando a urgência para a efetivação desta rede.

Palavras-chave: Veículo elétrico (VE); Gases de efeito estufa (GEE); Impactes Ambientais; Neutralidade Carbónica, Abastecimento e Gestão da Energia

1 INTRODUÇÃO

O sector dos transportes é um dos principais sectores consumidor de energia que, na sua maioria, é altamente poluente devido à dependência deste sector de combustíveis fósseis líquidos. Os transportes são responsáveis, em Lisboa, por um consumo de energia primária superior a 31 % e 40 % das emissões de CO₂, entre outros impactos ambientais. Nos próximos anos a economia europeia irá sofrer grandes alterações para neutralizar as emissões carbónicas e evitar uma alteração demasiado significativa da temperatura média global.

Portugal faz parte do processo mas tal como descrito em [1], tanto poderemos seguir o pelotão, como sermos pioneiros e dar o exemplo para uma economia neutra de carbono. A transição de consumo de energia dependente do petróleo para energia elétrica no sector dos transportes assenta na penetração de veículos elétricos (VE) no mercado português [2,3] sendo um dos elementos referenciados no roteiro de neutralidade em carbono que se pretende atingir em 2050 [1]. Existe interesse tanto da parte dos fabricantes como meios governativos de aumentar a penetração dos veículos elétricos no mercado automóvel.

A procura de VE internacional e nacional tem vindo a crescer de forma muito significativa. Em Portugal, a venda de veículos elétricos tem vindo a aumentar exponencialmente, sendo que em Janeiro de 2019 já representa cerca de 4 % da venda de veículos ligeiros de passageiros.

A utilização de Veículos Elétricos (VE), com perspetiva à redução de emissões de GEE provenientes de Veículos de Combustão Interna (VCI), depende da existência de uma rede de produção e distribuição elétrica segura e responsável por baixas emissões. A rede de abastecimento pública de veículos elétricos e a adesão do utilizador são aspetos essenciais.

É importante que o potencial utilizador entenda o impacto ambiental e económico que o VE pode ter. Uma vez que a aceitação pública destes veículos está a demonstrar bastante resistência, é do interesse destas instituições que haja recolha de informação diretamente com o utilizador. É imperativo que a expansão do VE como meio de transporte seja feita com base na necessidade de um consumidor que deve estar bem informado. Este é o objetivo do presente artigo que, para efeito utiliza um questionário para conseguir perceber quem são os compradores

(early-buyers) portugueses, mas também quais são as suas perspetivas e necessidades relativamente à rede de abastecimento nacional.

Este artigo está estruturado da seguinte maneira nas secções: 1) Introdução ao tema; 2) Descrição das opções, dos impactes e do sistema português; 3) Abordagem e apresentação sumária o questionário; 4) Resultados do questionário e sua discussão. No capítulo 5 serão feitas conclusões finais sobre artigo.

2 OPÇÕES PARA E IMPACTES DA ELECTRIFICAÇÃO

2.1 Eletrificação e opções de abastecimento

O maior obstáculo à eletrificação da frota ligeira tem sido sempre o armazenamento de energia. Até hoje, a tecnologia que tem tido mais relevância no mercado tem sido a bateria, que serão carregadas ou através de uma ligação à rede elétrica ou através de geradores ou motores a combustão incluídos nos próprios veículos (híbridos). Há outras tecnologias que poderão, sozinhas ou complementadas, fazer o armazenamento de energia elétrica, ou a produção da mesma, dentro do automóvel.

As pilhas de combustível são células eletroquímicas que utilizam uma gama de combustíveis para produzirem eletricidade. As pilhas utilizadas em automóveis, utilizam hidrogénio e podem ser emparelhadas com baterias para que os motores elétricos tenham disponibilidade energética para dar andamento ao veículo. Hardman e Tal [4] estudam quem são os *early buyers* de veículos com pilha de combustível, e comparam as suas características com as dos compradores de VE, concluindo que, há variadas parecenças nos compradores destes veículos uma vez que ainda não são tecnologias generalizadas.

As comparações [5,6] dos impactes dos veículos elétricos alimentados por pilhas de hidrogénio, com veículos de combustão interna concluem que a produção de hidrogénio para o efeito teria de ser feita dentro de um grupo de condições e processos específicos, de outra maneira, o impacto criado pela produção deste combustível superaria o impacto de um veículo a combustão. Uma comparação [3] entre veículos a combustão interna e pilhas de hidrogénio, aplicado ao mercado português destaca que os processos e rede elétrica ainda precisam de evoluir para que se consiga baixar as emissões globais da opção térmica.

Globalmente o problema do hidrogénio é a falta de infraestrutura de produção e distribuição deste combustível capaz de satisfazer as necessidades da frota existente. Apesar disso, o hidrogénio faz parte dos planos de baixo carbono portugueses com foco nos transportes de mercadorias ou coletivos, anunciado nas sessões públicas de apresentação do Roteiro para Neutralidade Carbónica, embora o destaque seja para os VE [1].

Os super-condensadores é uma tecnologia que consegue armazenar elevada potencia, apesar de pouca energia. Isto faz deles ideais para veículos de trabalho com rotas predefinidas com possibilidade de carregamento em curtas distâncias. O carregamento destes aparelhos é efetuado em segundos, pelo que neste parâmetro, supera as baterias. Nos trabalhos em que são estudadas as suas aplicações no sector de transporte [7–9] salientam que podem ser utilizados para complementar as baterias quando os motores elétricos exigem potências altas.

As baterias têm sido a tecnologia de preleção dos produtores automóvel. De modo a impulsionar a eletrificação da frota, vários poderes legislativos e locais têm planeado a proibição de circulação ou venda de veículos a combustão interna. Projetos como C40 [10], são compromissos mais locais onde já 27 capitais mundiais se comprometem a trabalhar para que os seus sistemas de transportes (públicos e privados) sejam livres de emissões carbónicas a partir de 2030.

2.2 Impactes

Portugal tem bastante potencial para albergar um mercado de VE muito evolutivo. A primeira razão para isso será a rede elétrica que é responsável por emissões carbónicas relativamente baixas, considerando o resto do mundo [2]. Portugal tem bastante potência instalada em energia hídrica em todo o território, além dos pesados investimentos feitos em eólicas nos últimos 20 anos. A combinação destas duas fontes de energia é muito favorável e simbiótica uma vez que o pico de produção eólico se dá durante os vales do consumo energético –

noite. Essa energia extra é utilizada por certas centrais hídricas para bombear água para montante das barragens, e assim criar um sistema de armazenamento de energia.

Além do potencial energético, o bombeamento de água a montante é útil em Portugal para conseguir uma melhor gestão dos próprios recursos hídricos, já que o país tem uma estação seca que pode durar mais de 6 meses, com precipitação bastante irregular (existência de anos com baixa precipitação média). Podemos ver na tabela 1 as emissões específicas da produção elétrica portuguesa onde temos um aumento de 65% das emissões de 2016 para 2017 e 2018 devido a um ano com precipitação muito baixa e menores condições de vento. A variabilidade das fontes de energia renovável requer que o investimento seja variado para reduzir incerteza e aumentar a segurança da rede.

Tabela 1 - Emissões específicas na geração elétrica portuguesa (fonte: EDP¹)

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
Emissões específicas (CO ₂ g/kWh)	387,4	317,8	226,5	237,1	228,6	141,6	122,5	185,5	126,8	209,1	268,7

* valores calculados de acordo com a Diretiva ERSE 16/2018

Existe uma necessidade de diminuição das emissões de GEE não só por questões de poluição global, como local. O estudo [11] dos efeitos da eletrificação da frota, conclui que mesmo com uma geração elétrica altamente carbonizada como a Chinesa, os efeitos de poluição local têm potencial para diminuir o que será benéfico para a saúde pública.

A comparação do motor elétrico com o de combustão térmica [12] evidencia a pior eficiência do térmico devido às elevadas perdas de calor. Em [13] são estudadas as emissões de matéria particulada de um automóvel, nomeadamente PM_{2,5}, fazendo a distinção de emissões de escape e emissões de outras origens. Os efeitos nefastos na saúde humana de PM_{2,5}, particularmente de doenças cardiopulmonares são estudados em [14].

Assim e dada a importância das renováveis na produção elétrica nacional (cerca de 69 % em 2018)², por exemplo um Renault Zoe, que consome em média 16 kWh/100 km, emitiu 20 g CO₂ por km em 2014 e 43 g CO₂ por km em 2018, na média dos valores de 2010 a 2018 as emissões são de 31 g por km ou seja o valor pode ter uma variação de mais de duas vezes dependendo do ano. Ao compararmos com um equivalente térmico a gasóleo (Renault Clio 1.5dCi) ou gasolina (Renault Clio 0.9TCe) estes emitem 82 e 105 g de CO₂ por km percorrido, respetivamente.

Concluimos que, na rede elétrica portuguesa, o VE em causa (Renault Zoe) emite, utilizando a média de 2010 a 2018, menos de metade do CO₂ quando comparado com um equivalente a gasóleo ou mesmo menos de um terço quando comparado com um equivalente a gasolina. Uma vez que as emissões do VE dependem da geração elétrica, a tendência de aumento de renováveis proposta em RNC 2050, diminuirá ainda mais as emissões por km da motorização elétrica.

2.3 Sistema Nacional

Os primeiros modelos elétricos entraram no mercado Portugal em 2010, ano em que se iniciou a operação da rede de abastecimento pública. Esta rede é gerida pelo regulador cujo papel, além de investidor, passa por atribuir licenças para (1) construir e operar estações de carregamento - Operador de Posto de Carregamento e (2) venda de energia elétrica através das estações referidas - Comercializador de Energia para Mobilidade Elétrica. Estes três órgãos são responsáveis pela operação da rede portuguesa.

Portugal sendo um considerável consumidor de petróleo, cerca de 43% do consumo de energia primária, [15], tem feito um esforço para incentivar o mercado de VE diretamente com o consumidor, dando benefícios aos que dão preferência a estes veículos, em 2018 com as seguintes especificações: 1) 2,250€ financiados pelo estado aos primeiros 1000 veículos com opção plug-in; 2) Isenção de Imposto sobre Veículos (ISV) para VE e desconto

¹ Fonte: <https://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx>

² Fonte: <https://www.edp.pt/empresas/apoio-cliente/origem-energia/?sector=Total%20EDP%20Comercial&year=-1&period=-1>

para híbridos; 3) Isenção de Imposto Único de Circulação (IUC) para VE; 4) Desconto no IRC para empresas que detenham VE na sua frota; 5) Carregamento público gratuito até 22kW.

A rede de abastecimento de VE em Portugal [16] é composta presentemente por 560 postos de carregamento dos quais 60 são Postos de Carregamento Rápido (PCR). Com o crescimento contínuo do mercado de VE, os órgãos governativos sentem cada vez menos necessidade de manter incentivos para manter o interesse público, pelo que em Novembro de 2018 o estado português deixou de financiar o carregamento público em PCR, deixando cerca de 10 empresas explorar a rede de abastecimento rápida existente, com mais entidades certificadas para o fazer mas que por uma ou outra razão ainda não o fazem em postos públicos.

2.4 Carregamento de VE e percepção dos utilizadores

No que diz respeito ao carregamento e utilizadores de VE, um estudo [17] baseado em inquéritos, avalia o comportamento do novo utilizador num período de seis meses durante os quais este recebe um VE para utilizar no dia-a-dia. Por ser um período extenso de utilização, são criados vários pontos de recolha de informação para estudar a evolução dos novos utilizadores. Algumas conclusões prenderam-se com o facto de haver um decréscimo considerável de pessoas que vêm a rede de carregamento pública como indispensável, de 86% para 62%, e que 78% dos participantes não se incomodaram com o facto do tempo de carregamento ter aumentado bastante comparativamente ao veículo tradicional. 87% sentiu que o processo de carregamento do VE era fácil.

Já na avaliação [18] da vontade de pagar do utilizador por um veículo elétrico, comparando-a com um VCI equivalente opta-se por utilizar modos de filtragem de respostas, para obterem perfis mais representativos. Os métodos utilizados foram controlo temporal e perguntas de despiste para se poder eliminar respondentes que estivessem pouco focados nas questões ou não as tivessem percebido. Houve também uma preocupação para tornar as questões o mais perto da realidade e sem deixar áreas cinzentas evitando a dispersão de respostas para temas externos. As respostas criadas teriam de ser concisas, mas abrangentes. O estudo concluiu que apesar dos consumidores continuarem a preferir automóveis a combustão interna, há diferenças significativas na vontade de pagar por VE em países diferentes, sendo esta maior na China que nos EUA.

3 INQUÉRITO

3.1 Inquérito

Para conseguir perceber quem são os *early-buyers* portugueses, mas também quais são as suas perspetivas e necessidades relativamente à rede de abastecimento nacional foi desenvolvido um questionário aos proprietários de VE portugueses. O objetivo deste questionário foi enquadrar a demografia dos compradores de VE portugueses e perceber a sua perspetiva e opiniões acerca da rede de abastecimento pública. Uma vez que este questionário foi partilhado com a comunidade de VE no mesmo mês que os carregamentos em PCR passaram a ser pagos, não houve perguntas específicas sobre o assunto dado que o utilizador não teve tempo para estruturar opiniões.

O inquérito é composto por três grandes grupos de questões, onde inicialmente se pretende perceber se há, e como é constituído, um grupo demográfico específico que compra VE em Portugal, questionando o género, faixa etária, nível de escolaridade e rendimentos do utilizador.

O seguinte grupo de perguntas que tenta perceber os hábitos de carregamento do VE questionando se o utilizador adquiriu e com que frequência é utilizado um posto de carregamento doméstico. Aos que adquiriram um posto do género, é perguntado se “Está contente com o seu posto de carregamento doméstico?”, aos outros indagou-se sobre o porquê de não terem adquirido equipamento para o efeito. Ainda sobre os hábitos de carregamento os inquiridos responderam a perguntas como “Carrega o seu VE fora de casa?” com respostas de gama temporal (Diariamente; De 2 em 2 dias; De 3 em 3 dias; Semanalmente; Mensalmente; Raramente; Não) e se “Costuma usar sempre o mesmo posto?”, tentando perceber, junto dos que respondem “Não”, se há razões padrão para tal comportamento.

No grupo final há uma tentativa de perceber a opinião acerca da rede de abastecimento pública. Neste último grupo, é perguntado “Qual é a sua opinião sobre o funcionamento da rede de carregamento pública?”, onde é

usada uma escala de 4 pontos tipo Likert, que avalia o desempenho da mesma entre muito bom, bom, fraco e muito fraco, tendo sido alongadas as respostas para maior detalhe.

As respostas disponíveis, correspondentes aos níveis da escala são “Funciona bem, apesar de ocasionais problemas explicados pela novidade da estrutura”, “Funciona razoavelmente bem. A maioria da rede funciona bem apesar de haver problemas crónicos com certos postos”, “Não funciona muito bem, tem muitos postos de carregamento com problemas” e “Não funciona bem, tem demasiados problemas nos postos funcionais e/ou postos permanentemente não funcionais”. Neste grupo ainda é deixado um espaço para comentários gerais, críticas e sugestões à rede de abastecimento pública.

A plataforma escolhida para construção do questionário foi o Google Forms e a distribuição foi feita através de canais e fóruns online específicos para minimizar respostas de futuros compradores e interessados no assunto. O *target* do questionário foi donos e utilizadores de VE. Em Novembro de 2018 foi disponibilizado o questionário aos utilizadores de VE portugueses, sendo que até 1 de Janeiro obtiveram-se 64 inquéritos validados.

3.2 Resultados

No que diz respeito à **população compradora de veículos elétricos**, o inquérito, tal como diferentes estudos, mostra que não é uniforme [4,17–19], tal como se evidencia na tabela 2 que apresenta uma comparação de resultados do presente questionário com o da NEVA 2014 [19].

Tabela 2 - Comparação de resultados dos questionários norueguês de 2014 [19] com o português 2018

Educação	Noruega 2014	Portugal
Educação Superior	76.00%	75.00%
Género		
Masculino	81.00%	90.63%
Feminino	19.00%	9.38%
Idade		
Acima dos 44	47.00%	
Acima dos 40		62.50%
Rendimento Anual		
Acima dos 50.000€	63.00%	
Acima dos 30.000€		59.38%

Podemos observar que a população mais predisposta a adquirir um VE é do género masculino (90.6%) com educação superior (75%) e idade superior a 40 anos (62.5%). A idade e educação dos compradores iniciais destes veículos pode ser explicada com maiores rendimentos que conduzem a maior disponibilidade em pagar por tecnologias menos extensivamente comprovadas.

Segundo a OCDE³, o rendimento anual médio português é aproximadamente metade do norueguês (26.000€ e 53.500€, respetivamente), pelo que o valor do rendimento português apresentado é equivalente ao norueguês. A média de rendimento anual dos utilizadores que responderam ao questionário português é aproximadamente 35.000€, 33% acima da média nacional, corroborando a ideia de que, atualmente, o utilizador de VE tem um rendimento acima da média.

Quanto ao **carregamento**, as respostas recolhidas pelo questionário revelam que 69% dos respondentes instalaram um posto de carregamento doméstico, o qual é diariamente utilizado por 45.5% dos respondentes.

³ Fonte: <https://data.oecd.org/natincome/net-national-income.htm>

Apenas 1 em 44 pessoas respondeu não estar satisfeito com o seu aparelho de carregamento. Dentro destes utilizadores, conseguimos ver na figura 1, a frequência de utilização do posto doméstico.

Em relação à **rede de abastecimento pública**, 49% das pessoas afirmam utilizar a rede pelo menos uma vez por semana. 81% afirma carregar os seus veículos em postos diferentes, sendo as principais razões são: (1) as rotinas diárias diferentes; (2) posto ou estacionamento já ocupado por outros VE ou VCI e (3) equipamento com algum tipo de mal funcionamento. Na figura 2 podemos mais detalhadamente perceber a frequência de utilização da rede pública pelo utilizador.

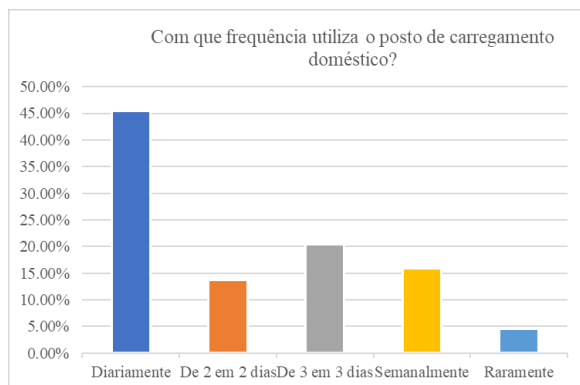


Figura 1 - Frequência de carregamento doméstico dos utilizadores portugueses

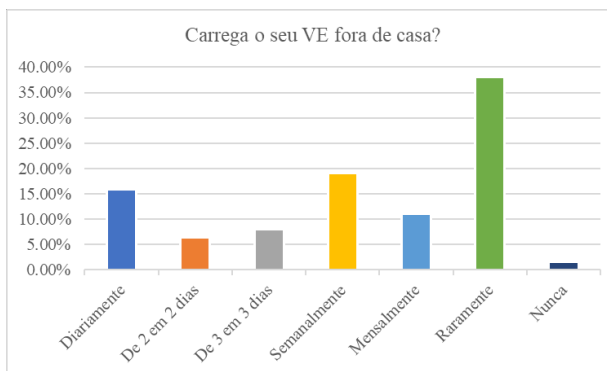


Figura 2 - Frequência de carregamento através da rede de abastecimento pública

Foi perguntada a opinião geral acerca **da estrutura de carregamento público** de VE, e usando uma escala de 4 pontos, tipo-Likert, 53 das 62 respostas válidas, apontam que o desempenho da rede é fraco ou muito fraco, através das respostas “Não funciona muito bem, tem muitos postos de carregamento com problemas” e “Não funciona bem, tem demasiados problemas nos postos funcionais e/ou postos permanentemente não funcionais”. Nesta questão, nenhum dos 64 utilizadores que preencheu o questionário selecionou a resposta equivalente à melhor opinião: “Funciona bem, apesar de ocasionais problemas explicados pela novidade da estrutura”. As respostas a esta questão estão detalhadas na figura 3.

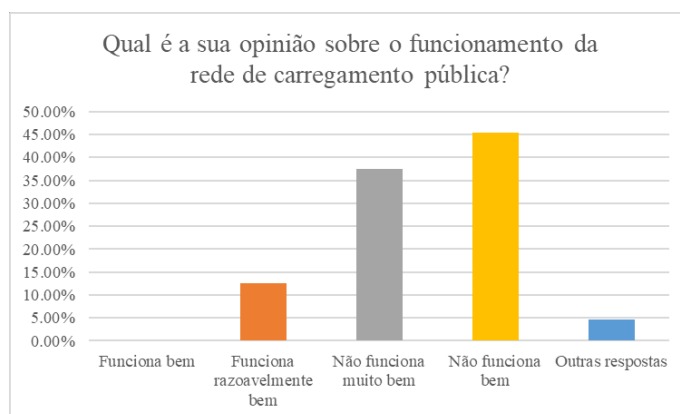


Figura 3 - Opinião do utilizador acerca da rede de carregamento pública de VE

Quando se questionou acerca do fim do carregamento gratuito, 2 em 62 pessoas sentiram-se injustiçadas enquanto 42% responderam sentir-se ansiosas pelo fim do carregamento gratuito por acreditarem que levará a

uma diminuição dos problemas e entraves, mas também que um sistema de carregamento pago representa maturidade da rede e do mercado.

Apenas 19% respondeu Não, quando questionados sobre o seu interesse em revender eletricidade armazenada nas baterias dos seus VE a preços mais elevados do que o de compra. A eletricidade será idealmente comprada durante os vales de consumo energético (noite) e vendida nos picos de consumo, dando suporte à rede elétrica e diminuindo a flutuação diária que a geração necessita de manter para satisfazer as necessidades. Uma vez que estes sistemas são ainda pouco desenvolvidos e estão em fases de estudo e teste é compreensível que haja desconfiança.

A venda à rede deverá ser mais profundamente estudada para que se possa contabilizar todas as variáveis nomeadamente o custo de um ciclo de carregamento em cada bateria, já que estes não são ilimitados. É importante que este tipo de sistema seja construído de maneira a que o utilizador possa beneficiar dele, caso contrário não haverá adesão. A vontade dos utilizadores em considerarem vender energia a partir das suas baterias é um bom sinal já que poderá ajudar a estabilizar a rede elétrica e a integrar fontes de energia renováveis com gerações pouco regulares.

No seguimento dos diferentes questionários estudados para este artigo, foi pensada e criada uma pergunta (“Quanto km tem o seu VE?”) de filtragem para os utilizadores que tivessem ainda pouca experiência de VE, e por isso poucos hábitos e carregamento das viaturas. Essa filtragem acabou por não ser feita uma vez que em zonas urbanas, onde o maior crescimento inicial de VE é expectável, as distâncias percorridas são relativamente baixas. Não tendo havido filtragem, foram consideradas 64 respostas válidas ao questionário proposto.

4 DISCUSSÃO

Considerando os 31% de utilizadores que não adquiriram posto de carregamento, 70% nem sequer o consideraram aquando da compra do seu VE, o que sugere uma falta de informação por parte dos vendedores, fabricantes e/ou associações de VE. As razões principais levantadas para não se adquirir um posto de abastecimento em casa serão (1) a possibilidade de carregar através de uma tomada normal, e (2) um preço elevado do equipamento/montagem. Este grupo de questões sugere que os fabricantes e vendedores destes aparelhos deveriam estar em simbiose com os dos VE. Não é preocupante que apenas 69% das pessoas tenham postos de carregamento caseiros, mas já o é que 70% das que não têm, nem sequer tenham considerado adquiri-lo. O conhecimento e informação sobre este tipo de carregamento deverá ser mais genérico.

O carregamento doméstico do VE deverá ser a base de uma utilização madura. O carregamento, apesar de representar um elevado consumo energético, pode ter efeitos positivos na rede elétrica que sofre de oscilações diárias bastante previsíveis. Uma vez que o abastecimento elétrico pode ser programável para um determinado horário, o carregamento durante as horas de vale da rede elétrica poderá ajudar bastante a estabilizar o perfil de consumo nacional. O utilizador do VE pode beneficiar deste impacto positivo que causa na rede (ou impacto negativo que previne) através dos reduzidos preços durante as horas de vale com tarifas bi-horárias. Mesmo fora de horário de vale no consumo elétrico, o carregamento caseiro é um fator importante para o baixo custo por km que o VE oferece.

Outro sinal de falta de informação sobre os aparelhos de carregamento caseiros, é a existência de inúmeros acidentes com carregamentos em tomadas normais, que não estando adaptadas para as elevadas potências exigidas por um VE, acabam por queimar, representando um perigo de incêndio. Este perigo torna-se mais preocupante quando acontece durante a noite e sono do utilizador e/ou outros moradores, tornando o tempo de resposta a este tipo de acidentes muito mais longo. É importante que o utilizador saiba que é necessário equipamento próprio e instalação profissional para que o carregamento em casa seja seguro.

As zonas urbanas portuguesas requerem distâncias médias percorridas de 20 km por percurso, ou 50-60 km diários [20], o que permite à maioria dos veículos hoje em dia comercializados que satisfaçam as necessidades do utilizador sem sequer precisar de carregamentos diários.

A literatura aponta várias razões como melhores incentivos para o desenvolvimento do mercado e adoção pública do VE. Os autores das [21,22] sugerem que uma rede de abastecimento público de VE bem desenvolvida e distribuída é das razões mais importantes para a aceitação do VE como meio de transporte privado. A rede de

abastecimento é importante para que o utilizador não sinta que está a investir numa tecnologia sozinho, mas que tem infraestrutura para operar o seu novo veículo, e que essa infraestrutura minimiza o receio de ficar sem carga no seu veículo.

A adoção lenta do mercado VE pode estar relacionada com a falta de confiança no futuro destas tecnologias, ou na crença de enormes desenvolvimentos num futuro próximo por exemplo nas baterias, o que poderia fazer com que veículos adquiridos no presente se tornassem obsoletos.

Podemos dividir a rede de abastecimento pública em postos de carregamento rápidos (>22kW) e lentos (<22kW). O estudo separado destas duas redes é importante, porque terão aplicações diferentes. A boa distribuição de uma rede de PCR é crucial. O preço destes aparelhos é muito mais elevado, e a potência pedida à rede elétrica é muito maior, quando comparamos com um posto lento. Esta potência mais elevada vai exigir maior e melhor gestão dos operadores da rede por ter maior potencial de desequilibrar a rede.

Apesar disso, estes postos têm enorme importância quando queremos ligar pontos no mapa que, para a autonomia dos VE atuais, são difíceis de percorrer numa carga apenas. Os PCR devem ser utilizados nestes casos para permitir que a viagem prossiga sem interrupções maiores. Por exemplo, nas ligações Lisboa-Porto e Lisboa-Algarve foram montados PCR para que um VE possa fazer esse percurso com diferenças de tempo pouco significativas quando comparando com um veículo térmico.

Alguns fabricantes anunciam carregamentos rápidos (50kW) com acréscimos de capacidade na ordem dos 60-80% para uma hora de carregamento, o que é bastante mais rápido do que um carregamento lento, apesar de ainda ser bastante mais lento que encher um tanque com combustível líquido. Apesar de Portugal apenas ter PCR públicos de 50kW, existem já fabricantes com postos de carregamento de 350kW em funcionamento.

Um dos entraves ao carregamento rápido é a compatibilidade do veículo com os cabos e potências que exige. O carregamento rápido precisa de um cabo diferente do normal, já que a potência que o atravessa é pelo menos uma ordem de grandeza superior. Muitos modelos, nomeadamente com baterias menos capazes, não têm compatibilidade com estes cabos, e, portanto, não conseguem fazer este tipo de carregamento.

Deverá também ser objeto de consideração que quanto mais rápido o carregamento, maior a perturbação positiva de temperatura sentirá a bateria, pelo que muitos veículos têm já incorporado no pacote da bateria, um sistema de gestão de temperatura com climatização ativa.

Existem modelos compatíveis com carregamento rápido, mas sem climatização da bateria. Estes veículos poderão experienciar temperaturas muito altas nas suas baterias durante viagens longas onde se conduziu e carregou continuamente o veículo num PCR. As altas temperaturas causam danos na bateria e estão relacionadas com envelhecimento da mesma [23–25]. Num caso extremo este fenómeno poderá representar um perigo de incêndio.

A existência de postos de carregamento lento é mais importante em zonas urbanizadas do que vias como autoestradas. Apesar disso, o contrário não deverá ser imposto como regra. Os PCR têm espaço e deverão existir em zonas urbanizadas uma vez que são úteis para utilizações esporádicas e para dar segurança aos potenciais e novos utilizadores de VE.

Uma vez que toda a estrutura exige enorme investimento, inicialmente público, as zonas mais densas em população são preferidas para (1) aumentar o potencial de utilização, (2) catalisar o retorno económico uma vez que o número de utilizações esperado é maior que numa zona menos densamente populosa, e (3) aumentar a possibilidade de recolha de informação, já que o número de utilizações e utilizadores deverá ser maior. A rede está ainda bastante centralizada, mas deverá ser desenvolvida para uma maior uniformidade.

O interesse do artigo apresentado depende da fiabilidade e representatividade do inquérito apresentado. Para garantir a representatividade do questionário, foram conseguidas 64 respostas válidas (n=64) após a distribuição do mesmo em fóruns específicos sobre VE. A amostragem estratificada nesta população, foi aleatório, não tendo havido qualquer tipo de escolha dos inquiridos, tendo havido total liberdade da sua parte para responderem ou não ao questionário proposto.

Não existiu nenhum tipo de seleção de inquiridos nem das respostas finais, tendo sido aceites todos os grupos de respostas completos (sem respostas em branco). Destaque-se que os resultados do questionário dispõem de forte aparência de resultados com os apresentados pelo questionário da Associação norueguesa de VE que não só é a maior associação mundial dedicada ao assunto, como a que tem maior população registada de VE.

5 CONCLUSÕES

Para atingir uma neutralidade carbónica, é imperativo que o sector dos transportes seja alterado rapidamente, sendo o único sector onde as emissões continuam a subir desde 1990. A eletrificação do automóvel deixa o sector dependente da produção elétrica (sector da energia) em termos de emissões carbónicas. Apesar desta dependência, não se deverá esperar pela nova melhoria do sector energético antes de atuar nos transportes, já que a eletrificação dos transportes se tem mostrado um processo com inércia, nomeadamente quando se trata do transporte privado.

A mobilidade deve ser cada vez mais um serviço, através de várias soluções, onde a utilização de VE, está prevista pelo roteiro de neutralidade em carbono. Os VE podem contribuir para desafios ambientais específicos nomeadamente: (1) Reduzir o consumo de combustíveis fósseis assente na eletrificação de veículos, com peso crescente de produção de energias renováveis na eletricidade; (2) Reduzir as emissões de partículas especialmente em zonas urbanas e até embora de forma mais limitado o ruído; (3) bem como as emissões de CO₂, onde os VEI, dependendo dos modelos, podem ter emissões entre 2 a 3 vezes menores.

A adesão aos VE e sua utilização com os requisitos de uma nova rede de abastecimento foi o objeto da análise efetuada através de um inquérito. Os resultados das sessenta e quatro respostas do inquérito, quanto ao **tipo de compradores de VE** revela que são maioritariamente do sexo masculino (90 %), com educação superior (75%), mais de 40 anos (63%) com um rendimento médio do utilizador português aponta para os 35k€. Uma parte significativa dispõe de um **posto de carregamento caseiro** (69 %) e a maioria **carrega todos os dias** (45%) ou de dois em dois dias (13%) o que pode evidenciar as limitações da bateria ou procura de dispor de carga em reserva.

Quanto à **estrutura de carregamento público mais de 82 %** considera o seu desempenho fraco ou muito fraco, nenhum dos inquiridos selecionou “Funciona bem, apesar de ocasionais problemas explicados pela novidade da estrutura” destacando uma **falha estrutural muito grave** e ponto crítico e limitativo no sistema. O aparecimento dos **carregamentos pagos levanta expectativas e surge para 42 % como uma oportunidade**, que não pôde ser avaliada a sua efetividade pelo inquérito (limitação), já que o sistema só entrou em vigor no período final do inquérito.

A rede de abastecimento de VE portuguesa tem ainda uma limitada densidade geográfica. O questionário revela ainda problemas graves numa rede e num mercado que têm de ser baseados no utilizador, como a falta de informação sobre opções de carregamento dos vendedores e fabricantes ou o fraco desempenho da rede, percecionado pelos utilizadores. O crescimento das vendas de VE tem sido positivo nos últimos anos, com tendência para que as quotas nas vendas totais de automóveis se tornem bastante significativas nos próximos anos. A rede de abastecimento tem-se mostrado um ponto crítico para a penetração do VE no mercado automóvel. O desenvolvimento desta rede necessita de melhorias contínuas para que o serviço prestado seja sempre melhor, mas também para que cada vez mais utilizadores prefiram a solução elétrica à tradicional.

O planeamento para o futuro do mercado automóvel e da rede de abastecimento é importante para que não só o desenvolvimento seja ponderado e contínuo, mas também para que o cidadão e utilizador de automóvel esteja informado sobre as intenções governativas. Portugal continua a ser um dos poucos países europeus que não definiu com precisão quando quer eliminar de vez os automóveis de combustíveis fósseis. A única medida nesse sentido foi a restrição de veículos mais poluentes ao centro histórico da capital portuguesa, sem grande sucesso devido à falta de fiscalização. Desenvolvimentos futuros na investigação passam pela continuidade do estudo de modelos de revenda de energia presente nas baterias dos VE em horas de pico no consumo elétrico. A construção da rede para que tal seja possível com benefício para o dono do veículo, para a sociedade e ambiente.

REFERÊNCIAS

1. APA - Agência Portuguesa do Ambiente. Roteiro para a Neutralidade Carbónica, 4 de Dezembro. **2018**.
2. Delgado, J.; Faria, R.; Moura, P.; de Almeida, A.T. Impacts of plug-in electric vehicles in the portuguese electrical grid. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* **2018**, *62*, 372–385.
3. Pereira, S.R.; Coelho, M.C. Life cycle analysis of hydrogen - A well-to-wheels analysis for Portugal. *Int. J.*

Hydrogen Energy **2013**, *38*, 2029–2038.

4. Hardman, S.; Tal, G. Who are the early adopters of fuel cell vehicles? *Int. J. Hydrogen Energy* **2018**, *43*, 17857–17866.
5. Liu, F.; Zhao, F.; Liu, Z.; Hao, H. The impact of fuel cell vehicle deployment on road transport greenhouse gas emissions: The China case. *Int. J. Hydrogen Energy* **2018**, *43*, 22604–22621.
6. Yoo, E.; Kim, M.; Song, H.H. Well-to-wheel analysis of hydrogen fuel-cell electric vehicle in Korea. *Int. J. Hydrogen Energy* **2018**, *43*, 19267–19278.
7. Tahri, A.; El Fadil, H.; Belhaj, F.Z.; Gaouzi, K.; Rachid, A.; Giri, F.; Chaoui, F.Z. Management of fuel cell power and supercapacitor state-of-charge for electric vehicles. *Electr. Power Syst. Res.* **2018**, *160*, 89–98.
8. Bougrine, M.; Benalia, A.; Delaleau, E.; Benbouzid, M. Minimum time current controller design for two-interleaved bidirectional converter: Application to hybrid fuel cell/supercapacitor vehicles. *Int. J. Hydrogen Energy* **2018**, *43*, 11593–11605.
9. Li, H.; Ravey, A.; N'Diaye, A.; Djerdir, A. A novel equivalent consumption minimization strategy for hybrid electric vehicle powered by fuel cell, battery and supercapacitor. *J. Power Sources* **2018**, *395*, 262–270.
10. C40 Fossil-Fuel-Free Streets Declaration 2017.
11. Ji, S.; Cherry, C.R.; Bechle, M.J.; Wu, Y.; Marshall, J.D. Electric vehicles in China: Emissions and health impacts. *Environ. Sci. Technol.* **2012**, *46*, 2018–2024.
12. de Almeida, A.T.; Moura, P.; Marques, P.; Faria, R.; Freire, F.; Delgado, J. Impact of the electricity mix and use profile in the life-cycle assessment of electric vehicles. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2013**, *24*, 271–287.
13. Celo, V.; Munoz, T.; Noble, M.; Hilker, N.; White, L.; Evans, G.J.; Wang, J.M.; Jeong, C.-H.; Su, Y.; Herod, D.; et al. Temporal and spatial variability of traffic-related PM_{2.5} sources: Comparison of exhaust and non-exhaust emissions. *Atmos. Environ.* **2018**, *198*, 55–69.
14. Li, Z.; Wen, Q.; Zhang, R. Sources, health effects and control strategies of indoor fine particulate matter (PM_{2.5}): A review. *Sci. Total Environ.* **2017**, *586*, 610–622.
15. Geologia, D.G. de E. e Balanço Energético. **2016**.
16. Mobi.e Rede de Abastecimento de VE 2019.
17. Franke, T.; Krems, J.F. Understanding charging behaviour of electric vehicle users. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* **2013**, *21*, 75–89.
18. Helveston, J.P.; Liu, Y.; Feit, E.M.D.; Fuchs, E.; Klampfl, E.; Michalek, J.J. Will subsidies drive electric vehicle adoption? Measuring consumer preferences in the U.S. and China. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* **2015**, *73*, 96–112.
19. Bjerkan, K.Y.; Nørbech, T.E.; Nordtømme, M.E. Incentives for promoting Battery Electric Vehicle (BEV) adoption in Norway. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* **2016**, *43*, 169–180.
20. Estatística, I.N. de Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa Predomínio do automóvel nas deslocações dos residentes das Áreas Metropolitanas de Porto e Lisboa. **2018**, 1–22.
21. Wang, N.; Pan, H.; Zheng, W. Assessment of the incentives on electric vehicle promotion in China. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* **2017**, *101*, 177–189.
22. Mersky, A.C.; Sprei, F.; Samaras, C.; Qian, Z.S. Effectiveness of incentives on electric vehicle adoption in Norway. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* **2016**, *46*, 56–68.
23. Xu, M.; Wang, R.; Reichman, B.; Wang, X. Modeling the effect of two-stage fast charging protocol on thermal behavior and charging energy efficiency of lithium-ion batteries. *J. Energy Storage* **2018**, *20*, 298–309.
24. Hu, X.; Gao, Y.; Zhang, C.; Liu, Q.; Zhang, W.; Jiang, J. Charging optimization in lithium-ion batteries based on temperature rise and charge time. *Appl. Energy* **2016**, *194*, 569–577.
25. Lu, B.; Zhao, Y.; Song, Y.; Zhang, J. Stress-limited fast charging methods with time-varying current in lithium-ion batteries. *Electrochim. Acta* **2018**, *288*, 144–152.