

AS CÉLULAS DE HIDROGÉNIO E O FUTURO: A INTENÇÃO DE UTILIZAÇÃO DA CÉLULA DE HIDROGÉNIO POR PARTE DE EMPRESAS TRANSPORTADORAS.

HYDROGEN CELLS AND THE FUTURE: THE INTENTION TO USE THE HYDROGEN CELL BY TRANSPORT COMPANIES

Fernando Agostinho, MSc Gestão, Instituto Superior de Gestão, Portugal.

Álvaro Lopes Dias, PhD, Professor Catedrático, Instituto Superior de Novas Profissões, Portugal

RESUMO

O presente artigo científico refere-se ao tema “As células de Hidrogénio e o futuro: a intenção de utilização da célula de hidrogénio por parte de empresas transportadoras”, tendo como foco a análise ao nível de aceitação por parte destas entidades ao produto em questão, com base no Modelo de Aceitação Tecnológica. A tecnologia das células de hidrogénio, embora já existentes no mercado há vários anos, nunca foi explorada num patamar comercial abrangente e disseminado, nem em B2C (Business-to-Consumer), nem em B2B (Business-to-Business). Por outro lado, vivemos numa época de instabilidade económica e financeira, tanto a nível interno como internacional, e de incertezas no que toca às questões de sustentabilidade ambiental.

Este estudo tem como objetivo convergir estas questões numa temática só, procurando analisar quais as características mais importantes inerentes às células de hidrogénio, a sua aceitação por parte de potenciais clientes, e a sua aplicabilidade num mercado como o português, num setor empresarial de desgaste financeiro substancial. Adicionalmente, este estudo procurará avaliar qual o impacto deste produto no mercado ao nível do Marketing, e de que maneiras se poderá potenciá-lo, por forma a fazê-lo chegar a um maior número de clientes.

PALAVRAS CHAVE: Intenção de utilização, aceitação, célula de hidrogénio, empresas transportadoras

ABSTRACT

This article refers to the theme "Hydrogen Cells and the future: The intention to use the Hydrogen Cell by transport companies", focusing on the analysis of the level of acceptance by those entities, to the product in question, based on the Technology Acceptance Model. The technology of hydrogen fuel cells, although already on the market for several years, has never been explored in a comprehensive and widespread commercial level, neither at B2C (Business to Consumer) or B2B (Business to Business). On the other hand, we live in a time of economic and financial instability, both internally and internationally, and uncertainty with regard to issues of environmental sustainability.

This study aims to converge these issues onto a sole thematic, to analyze what are the most important characteristics of the hydrogen cell, its acceptance by potential customers, and its applicability in a market like the Portuguese, in a business sector of substantial financial wear. Additionally, this study will evaluate the impact of this product on the market in regards to Marketing, and in which ways it can boost it, in order to make it reach a larger number of customers.

KEYWORDS: Intention to use, acceptance, hydrogen cell, transport companies

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos têm proliferado de um modo exponencial. A constante evolução da sociedade em geral, e dos mercados de transação em particular, têm levado as organizações a uma mudança de paradigma na sua forma de estar e de atuar. As empresas tendem a melhorar a sua competitividade organizacional, sendo que procuram melhorar o seu nível de agilidade para responderem às exigências do mercado (Gunasekaran, 2004). De facto, estas têm procurado manter-se a par dos novos tempos e dos novos desafios, e para tal, é-lhes exigido um crescente esforço a vários níveis, sendo que a respetiva taxa de sucesso é cada vez menor (Jardim, 2011).

No atual contexto socioeconómico, não apenas em Portugal como também no resto do Globo, o desempenho das empresas torna-se, mais do que nunca, num fator preponderante para a sua sobrevivência. Especialmente em tempos de “crise”, as organizações em maior dificuldade procuram por todos os meios, formas de racionalizar os seus processos, a nível interno e externo, por forma a verificarem menores custos.

Neste caso, insere-se o sector transportador. Este assume-se como um sector fundamental no mercado, essencialmente representado o elo de ligação entre terceiros, sejam empresas de produção, distribuição ou retalho, por exemplo. Poder-se-á dizer, portanto, que os custos operacionais de transporte, isto é, associados à própria atividade, podem representar uma barreira à própria comercialização de bens entre estas organizações (Ferreira, 2013). Assim, a redução dos custos operacionais torna-se num objectivo constantemente perseguido por parte das empresas de transportes, procurando assim aumentar as

suas margens de lucro. Este fenómeno entra claramente em conflito com aquilo que se verifica a nível político-económico, com o aumento generalizado da carga fiscal ou custos aduaneiros.

Segundo Lynn (2005), “o aumento da concorrência devido à globalização tem obrigado as empresas a ir além das suas fronteiras tradicionais num esforço para procurar manter uma vantagem competitiva”. Nesta perspetiva, são procuradas novas formas de potenciar diferentes negócios, quer seja através de produtos já existentes, ou através do lançamento de novos produtos.

O presente estudo visa abordar um destes novos produtos, a célula de hidrogénio, uma célula de hidrogénio com propriedades optimizadoras em motores de combustão interna, visando a redução do consumo de combustível, assim como das emissões gasosas para a atmosfera.

Tendo em vista a sua aplicabilidade no mercado atual, abordar-se-á neste trabalho o produto em detalhe, através das suas especificações técnicas, do seu potencial para o futuro, e especificamente do seu impacto no sector transportador em Portugal.

2. CONTEXTO HISTÓRICO

A tecnologia das células de hidrogénio, como a conhecemos, é relativamente recente na História. Porém, os seus primórdios remontam a um tempo mais longínquo.

Segundo Linardi (2010), “o hidrogénio é o elemento mais abundante do universo, tendo sido identificado pela primeira vez pelo cientista britânico Henry Cavendish, em 1776, sendo que o denominou originalmente de ar inflamável”.

No séc. XIX, Sir William Robert Grove “percebeu que se a eletrólise, utilizando eletricidade, poderia dividir água em hidrogénio e oxigénio, então o oposto também poderia ser possível” (Brandon, 2004). Assim, Grove construiu um aparelho que combinou hidrogénio e oxigénio para produzir eletricidade.

Mais tarde, já no séc. XX, Francis Thomas Bacon “tornou-se na primeira pessoa a desenvolver uma célula de hidrogénio tecnologicamente útil” (Brandon, 2004). Este avanço revolucionaria o modo como os combustíveis eram utilizados, sendo que inclusivamente, a tecnologia de Bacon viria a ser utilizada pela própria NASA anos mais tarde nos seus veículos espaciais. Efetivamente, empresas dos mais variados sectores da sociedade socorreram-se do hidrogénio como fonte de energia alternativa ao combustível fóssil, pelo que até muito recentemente, as células de hidrogénio mantiveram-se sobretudo ligadas ao sector empresarial.

Linardi (2010) refere-se a uma potencial era da “Economia do Hidrogénio”. De acordo com este autor, a civilização humana recente tem vivido ciclos económicos baseados nas diferentes fontes primárias de energia. De facto, segundo Linardi, paralelamente à utilização destas fontes de energia por parte do Homem, correspondem as respetivas economias, criadas em torno desta mesma utilização.

A civilização viveu assim cronologicamente, a “economia da madeira”, do “carvão”, do “petróleo”, do “gás natural” e a “economia nuclear”. Nesta perspetiva, Linardi afirma que o hidrogénio é a grande próxima economia, uma vez que as “as fontes fósseis são finitas e, portanto, os preços aumentam gradual e seguramente, o seu consumo é ineficiente sob o ponto de vista energético, a localização de suas reservas geram conflitos políticos e, por fim, mas não menos importante, que a queima destes combustíveis gera emissões nocivas ao meio ambiente”.

3. O POTENCIAL DO HIDROGÉNIO

Sørensen (2012) sugere cinco áreas-chave de utilização das células de hidrogénio no mercado, podendo estas acontecer individualmente ou em simultâneo. São elas:

- Utilização do hidrogénio como armazenamento de energia para sistemas de energia renováveis variáveis;
- Aplicação das células no sector transportador;
- Aplicações estacionárias de células em edifícios e outras construções;
- Aplicações portáteis;
- Aplicação estacionária de células em centrais de energia.

Villullas et al. (2002) sublinham que “as células a combustível são aptas para aplicações estacionárias devido à elevada eficiência e à possibilidade de geração de energia em locais remotos, onde podem ser utilizados combustíveis renováveis gerados localmente, como, por exemplo, o etanol”. Villullas et al. referem ainda que “as células a combustível têm vantagens em comparação com outros dispositivos de geração de energia porque são mais eficientes e porque os produtos gerados pelo funcionamento das células que operam com hidrogénio são água e calor, ou seja, são dispositivos essencialmente não contaminantes”, e “geradores de energia eficientes e essencialmente não poluentes.

Portanto, podem ser instaladas sem prejuízo ambiental em regiões com alta densidade populacional, evitando-se o alto custo de instalação de redes de transmissão em longas distâncias”.

Brandon e Hart (1999) reforçam, considerando que as células de hidrogénio são aplicáveis tanto a fontes de energia estacionárias como de transporte, podendo permitir aos próprios países reduzir a sua dependência da energia importada das mais variadas formas, aliado ao facto de ser extremamente limpa. Sørensen (2012) afirma mesmo que “as células de hidrogénio podem providenciar a sua maior contribuição no sector transportador, onde a inclusão de fontes de energia alternativas tem sido mais evasiva”.

Os transportes rodoviários são responsáveis por um crescimento significativo das emissões de CO₂ para a atmosfera (Offer et al., 2010). De facto, estes são praticamente dependente de combustíveis derivados do petróleo, e por conseguinte, altamente vulneráveis a possíveis choques de preço, e disrupções no seu abastecimento. Para Offer et al., as células de hidrogénio providenciam efetivamente, uma média de energia muito superior, permitindo que a combustão do motor se torne mais eficiente.

Desde 1973, como consequência da crise do petróleo, surgiu um grande interesse no desenvolvimento de células a combustível para aplicações terrestres, e esse interesse tem crescido muito com o aumento da consciência em relação à proteção ambiental (Villullas et al., 2002). Isto remete a aplicabilidade da célula de hidrogénio para aquilo que são as suas vantagens em termos de utilização.

De acordo com Almeida e Moura (2014) a utilização das células de hidrogénio significa:

- Implementação de sistemas de alta fiabilidade (centros de telecomunicações, redes de dados, bancos), com possibilidade de integração em ambiente urbano;
- Decréscimo do uso de combustíveis fósseis importados, particularmente se o hidrogénio for produzido com energias renováveis;
- Redução das emissões de dióxido de carbono e de outros poluentes;
- Mitigação da necessidade de expansão da capacidade de produção centralizada, e da capacidade de transmissão e distribuição de energia eléctrica;
- Redução das perdas de transporte.

Por outro lado, Rios et al. (2012) e Almeida e Moura (2014) enumeram as seguintes barreiras, de forma direta:

- Elevados custos dos equipamentos conversores;
- *Pureza dos componentes utilizados*: para não contaminar o catalisador, o hidrogénio usado nas pilhas tem de ser muito puro;
- *Emissão de vapor de água*: No caso de utilização de células de combustível a grande escala, a emissão de vapor de água gerada pelas pilhas de hidrogénio leva ao aumento de efeito de estufa;
- Desconhecimento da tecnologia;
- Disponibilidade de apoio técnico;

- Disponibilidade da rede de produção, de armazenagem e de distribuição de hidrogénio;
- Volatilidade de preços dos combustíveis fósseis.

O Preço detém uma importância decisiva naquilo que vai ser a escolha final compra do consumidor. É o único dos “P’s” que não consiste num custo *per se*, mas que porém determina decisivamente a perceção desse mesmo consumidor àquilo que é o seu real valor enquanto produto. O presente estudo demonstrou que a célula de hidrogénio em geral, constitui custos de investimento elevados, tanto a nível de produção como de aquisição. A força matriz por detrás do marketing desta tecnologia em relação ao seu preço, consiste na expectativa da poupança que esta vai gerar no médio/longo prazo, dando assim motivo ao consumidor para investir no produto, em troca de uma garantia de recuperação do seu dinheiro. Todavia, e de acordo com o presente estudo, o investimento considerável que é feito para aquisição de uma célula de hidrogénio está descompensada na mente do consumidor. Ou seja, apesar da garantia de *payback* em utilizar a célula, o investimento é tão substancial que acaba por pesar mais na mente do comprador como um “custo”, do que propriamente o lado da “poupança” gerada.

Além disso, esta fonte de energia pode, num médio prazo, e dependendo do seu desenvolvimento tecnológico, representar um papel importante no cenário mundial de energia (Linardi, 2010).

Adicionalmente, e apesar das células serem relativamente caras, a produção em larga escala desta tecnologia deverá reduzir bastante o

seu custo, em ordem de magnitude. De facto, as previsões de custo para as células, e produção e distribuição de hidrogénio, são consideradas uma avaliação razoável dos prospectos para células de hidrogénio num cenário de produção em massa (Offer et al., 2010).

Linardi (2010) segue esta abordagem, afirmando que “é necessário uma redução dos custos de produção inerentes à célula de hidrogénio. Isto poderá ser conseguido por um lado, através da curva da aprendizagem e da evolução tecnológica, ou também através de uma estratégia de massificação do produto, aplicada às plataformas «móveis, estacionárias e portáteis»”.

Rios et al. (2012) consideram que o custo destes equipamentos diminuirá ao longo dos anos e, por isso, as células de combustível tornar-se-ão cada vez mais acessíveis a diversas aplicações, apresentando progressivamente uma maior durabilidade, resultante dos avanços tecnológicos inerentes, o que compensa os gastos de instalação. De facto, e segundos os mesmos, as células de hidrogénio vão permitir:

- Funcionamento contínuo (pois só dependem de uma fonte de energia externa);
- Independência de investimentos em linhas de transmissão e redes de distribuição;
- Implementação de centrais de produção desta energia junto dos locais de fornecimento (redução dos custos de transporte);
- Redução das perdas de energia em transformadores, aparelhagem de proteção (devido à diminuição do número destes equipamentos) – redução dos custos de exploração.

A introdução desta nova economia à escala global está para breve. De acordo com Linardi (2010), é primeiramente necessário uma “redução de custos, tanto da produção de hidrogénio como de células a combustível; um amadurecimento destas mesmas tecnologias para aplicações móveis, estacionárias e portáteis, e instalação de infraestruturas adequadas à sua utilização.” Linardi faz mesmo a comparação com outra fonte de energia: a gasolina. Tendo esta sido inicialmente cara nos seus primeiros anos de utilização, a crescente produção em massa e o aumento dos mercados resultaram numa queda dos preços. O mesmo poderá ser uma realidade com o hidrogénio.

4. A CÉLULA DE HIDROGÉNIO

A tecnologia das células de hidrogénio, como a conhecemos, é relativamente recente na História. Porém, os seus primórdios remontam a um tempo mais longínquo.

Segundo Linardi (2010), “o hidrogénio é o elemento mais abundante do universo, tendo sido identificado pela primeira vez pelo cientista britânico Henry Cavendish, em 1776, sendo que o denominou originalmente de ar inflamável”.

No séc. XIX, Sir William Robert Grove “percebeu que se a eletrólise, utilizando eletricidade, poderia dividir água em hidrogénio e oxigénio, então o oposto também poderia ser possível” (Brandon, 2004). Assim, Grove construiu um aparelho que combinou hidrogénio e oxigénio para produzir eletricidade.

Mais tarde, já no séc. XX, Francis Thomas Bacon “tornou-se na primeira pessoa a desenvolver uma célula de hidrogénio tecnologicamente útil” (Brandon, 2004). Este avanço revolucionaria o modo como os combustíveis eram utilizados, sendo que inclusivamente, a tecnologia de Bacon viria a ser utilizada pela própria NASA anos mais tarde nos seus veículos espaciais. Efetivamente, empresas dos mais variados sectores da sociedade socorreram-se do hidrogénio como fonte de energia alternativa ao combustível fóssil, pelo que até muito recentemente, as células de hidrogénio mantiveram-se sobretudo ligadas ao sector empresarial.

As células de hidrogénio são dispositivos eletroquímicos que convertem diretamente, sem combustão, a energia química contida num combustível rico em hidrogénio em eletricidade e energia térmica, tendo-se afirmado como uma das tecnologias de produção de energia elétrica mais promissoras. (Almeida e Moura, 2014). Ao ser utilizado como fonte de energia numa célula a combustível, o hidrogénio liberta energia e não gera poluentes. A reação química resultante da operação gera, além de energia, calor e vapor de água pura (Braga, 2009).

De acordo com Wendt, Götz e Linardi (2000), “a tentativa de se produzir um automóvel movido a célula a combustível não é nova. Kordesch foi o primeiro a construir um carro deste tipo, já no final dos anos 60”. De facto, segundo Linardi (2010), esta tecnologia “começa a despertar um interesse cada vez maior na população em geral, deixando de ser um tema restrito à comunidade técnico-científica e empresarial”.

Rios *et al.* (2012) referem mesmo que “a aplicação da tecnologia de células de combustível a grande escala contribuiria para a independência de combustíveis fósseis”. Referem ainda que “esta independência implicaria não só uma redução do custo de energia –

numa fase já avançada do desenvolvimento deste tipo de células - como também evitaria conflitos internacionais causados por escassez de recursos energéticos”.

Para além do aspeto racional, a célula de hidrogénio manifesta a sua importância na área ambiental.

Segundo Brandon, “umas das áreas em que as células devem demonstrar vantagens significativas é no seu potencial de impacto ambiental mínimo”. O mesmo refere que esta tecnologia permite menor utilização de combustível, ao mesmo tempo que liberta menores quantidades de dióxido de carbono para a atmosfera”. Villullas *et al.* (2002) referem mesmo que a tecnologia das células a combustível transformam energia química em energia elétrica sem causar danos ao ambiente.

Desde a sua invenção e consequente implementação no mercado, a célula de hidrogénio tem demonstrado ter uma enorme polivalência. Muito embora este dispositivo tenha sido originalmente concebido no séc. XIX, as suas aplicações práticas começaram a verificar-se essencialmente nas últimas décadas do séc. XX.

As células de hidrogénio utilizadas neste estudo são aplicáveis a três tipos de veículos:

- Veículos ligeiros;
- Veículos pesados;
- Embarcações.

O eletrólito destas células permitem, no caso de veículos terrestres, percorrer cerca de 70.000 km ou cerca de 2.000 horas. Os resultados notam-se gradualmente, tornando-se mais evidentes após terem sido consumidos cerca de 3 depósitos de combustível.

Cada célula está preparada para motores até uma cilindrada de 3000 cm³, pelo que em caso de instalação em veículos pesados com cilindradas muito superiores, é necessária a instalação de mais do que uma célula. A sua configuração permite um ajuste do débito de hidrogénio ao tipo de condução, sendo configurável em 3 modos de operação de acordo com a velocidade média do veículo: Cidade (50km/h); Extra-Urbano (80km/h); Auto-Estrada (120km/h).

A instalação das células é efetuada por instaladores certificados. É uma tarefa que demora aproximadamente 30 minutos, dependendo do veículo e do local de instalação escolhido. De forma sucinta, a instalação consiste em conectar a célula de hidrogénio à conduta de admissão de ar do motor, entre o filtro de ar e o coletor de admissão. Este processo é feito através de um furo de 5 mm num local apropriado da conduta. De seguida, encaixa-se no furo realizado, um acessório de conexão que vai ligar um tubo de borracha à célula.

A célula recebe a sua energia diretamente a partir da bateria do veículo, ou da caixa de fusíveis, consoante o caso. Utiliza-se um fusível de adição, de acordo com o tipo de fusível utilizado na caixa de fusíveis, e posteriormente, liga-se um cabo a um ponto de massa do veículo para obter a energia.

5. O SETOR TRANSPORTADOR EM PORTUGAL

O consumo nos transportes rodoviários portugueses corresponde a 90% do consumo total de energia no sector, valor que tem sido constante desde 2002. Efetivamente, os transportes coletivos em Portugal na última década têm perdido uma importante quota de mercado (Pereira, 2010). Segundo um estudo do Instituto para a Inovação na Formação, no que diz respeito à quota de mercado do

transporte privado em Portugal, ela é muito superior à quota média observada nos países da UE (50%), com os custos inerentes de ineficiência, estando na origem de uma produtividade baixa do sistema de transportes rodoviários de mercadorias em Portugal, comparativamente aos restantes países europeus. Esta situação, aliada à crise dos combustíveis fósseis, torna os transportes coletivos em geral cada vez mais dependentes destas. Este fenómeno contribui, por sua vez, para uma cada vez mais deficiente eficiência energética, tornando em última análise, o sector dos transportes num “setor crucial, no qual devem ser tomadas medidas de estratégia de controlo ambiental e energético”.

Pereira vai ainda mais longe, dizendo que se nenhuma destas medidas forem tomadas no sector transportador, e tendo em conta as projeções, “as emissões de gases de efeito de estufa podem sofrer um aumento de 110% relativamente aos valores de 1990” no futuro próximo.

Segundo dados do INE, o volume de mercadorias do sector transportador terrestre (96,2%) supera imensamente a concorrência (sector ferroviário, com 3,8%).

6. METODOLOGIA

Este estudo tem como base o Modelo de Aceitação Tecnológica.

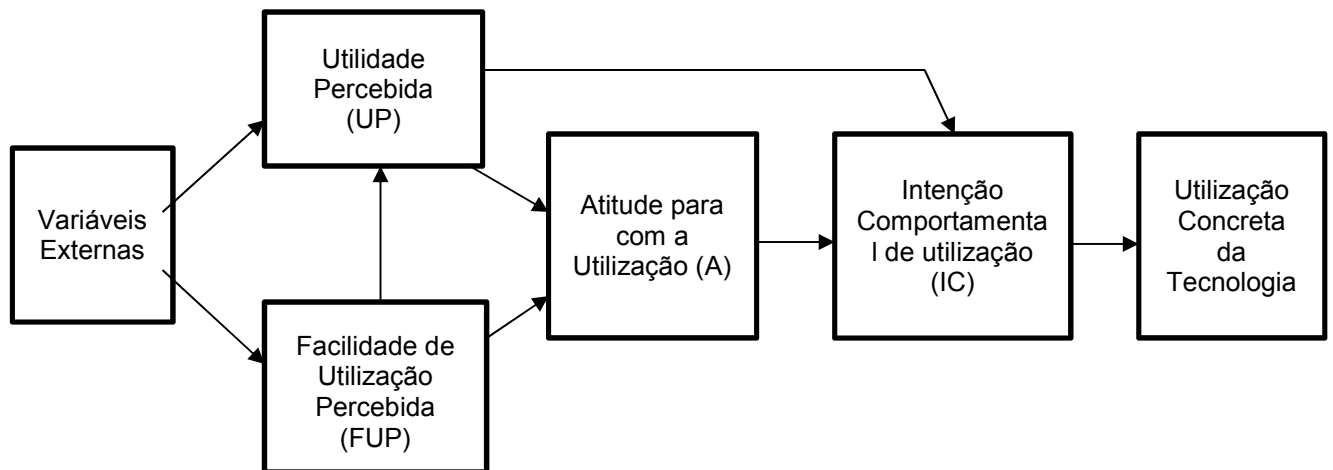


Figura 1 - Modelo de Aceitação Tecnológica

O Modelo de Aceitação Tecnológica (MAT) foi desenvolvido por Fred Davis e Richard Bagozzi, sendo porém, uma das extensões mais influentes da Teoria da Ação Racional (TAR).

Originalmente, a TAR, desenvolvida por Fishbein e Ajzen (1995), indica que o desempenho de uma pessoa com um comportamento específico, é determinado pela sua intenção para realizar o comportamento e a norma subjetiva no que respeita ao comportamento em questão. As suas principais variáveis para aferir o comportamento são: a atitude para o comportamento e a norma subjetiva.

Por sua vez, O MAT de Davis e Bagozzi veio substituir muitas das medidas de atitude do TAR com as duas novas medidas de aceitação – facilidade de utilização percebida (FUP), e utilidade percebida (UP). O modelo TAR e o MAT, tendo ambos fortes elementos comportamentais,

assumem que quando alguém tem uma intenção de agir, eles serão livres de agirem sem qualquer limitação. No mundo real existem muitas restrições, como a liberdade limitada de agir (Bagozzi, Davis & Warshaw 1992).

O modelo teórico é aqui utilizado tendo como base as seguintes variáveis externas: **Inovação, o Preço/Poupança, a Qualidade e o Ambiente.**

A área das células de hidrogénio reveste-se de uma grande cariz prático. De facto, o próprio conceito do produto baseia-se na sua instalação direta em veículos (ligeiros, pesados ou embarcações) e imediata operacionalização.

Como tal, foram utilizados métodos qualitativos considerados apropriados para análise:

Métodos de Pesquisa	
Fontes	Evidências
Observação Participante	Implementado em função da interação de campo existente entre a empresa Qualiseg e os seus clientes
Observação Direta	Implementado em função da interação e troca de informação existente entre a empresa “Qualiseg” e os seus clientes
Entrevistas	Implementado na forma de entrevistas abertas
Análise Documental	Estudos, análises ou testes documentados que reforçam o presente estudo. Consultados testes e análises levadas a cabo por Laboratórios e revistas

Registo de Arquivos	Bases de dados contendo resultados de instalação da célula de hidrogénio em veículos de clientes; registo de feedback
---------------------	---

Quadro : Métodos de Pesquisa

Aferiu-se em primeiro lugar que, através da Observação Direta, que a Intenção Comportamental de Utilização (IC), e consequentemente a Utilização Concreta da célula de hidrogénio, irá depender na capacidade do produto em atingir os objetivos a que se propõe no mercado: gerar de facto uma poupança financeira, através da redução do consumo de combustível.

Através de entrevistas abertas realizadas junto de representantes de três dos clientes alvos deste estudo (duas constituem empresas de transporte de mercadorias, e a outra, transportes frigoríficos), procurou-se entender as tendências e as motivações dos mesmos, com o objetivo de aferir os dados obtidos a partir da observação direta. Para tal, foram colocadas algumas questões muito específicas e diretas, focadas por um lado, nas variáveis independentes (Preço, Inovação, Ambiente e Qualidade), como também nas variáveis dependentes que constituem o Modelo de Aceitação Tecnológica.

Confirmando os dados obtidos através do método de observação direta, analisou-se que as variáveis decisivas de decisão são de facto o Preço/Poupança e o Ambiente, tendo estes influência direta na Utilidade Percebida da célula de hidrogénio.

Para a presente análise documental, foram utilizados dados referentes a testes levados a cabo em automóveis ligeiros e pesados, para análise comparativa.

Foram utilizados alguns estudos, testes e análises efetuados à tecnologia da célula de hidrogénio, e a sua aplicabilidade, por entidades externas.

De acordo com testes realizados em vários veículos pesados obtiveram resultados médios positivos. A redução média obtida foi de cerca de 9%. Em nenhum destes casos a célula revelou problemas técnicos.

A célula de hidrogénio foi inclusivamente testada em máquinas industriais. Numa instalação feita numa máquina empilhadora telescópica MANITOU MT523, obteve-se uma redução de consumo de 3,83 litros/hora em média para 2,86 litros/hora. Esta diminuição representa uma redução de 25,3% no consumo da máquina. Noutra instalação efetuada numa máquina escavadora VOLVO EC290C, obteve-se uma redução de consumo de 18,5 litros/hora para 15,5 litros, ou seja, uma redução de 16,2% no consumo.

Foram também efetuados testes relativamente às emissões de gases para a atmosfera, validados pelos laboratórios do ISQ – Instituto De Soldadura e Qualidade e pelo IMTT.

Em testes realizados a 4 viaturas pesadas levadas a cabo por estas entidades, verificou-se uma redução média nas emissões na ordem dos 68%.

A revista “Scientific American” conduziu um estudo sobre a tecnologia da célula de hidrogénio, tendo concluído que esta é uma opção convidativa para alimentar não veículos automóveis no futuro próximo, como também para utilização na própria indústria, em substituição de outras energias como a nuclear e fóssil. Segundo esta revista, o hidrogénio pode mesmo ser muito importante no seu papel ambiental e societário, ajudando a resolver problemas como a poluição do ar e consequentes problemas de saúde que daí advêm, mudanças climáticas e dependência da importação de petróleo.

Com base em testes efetuados pelo “Laboratório para o Design do Produto e Processo” (Laboratory for Product and Process Design, University of Illinois, Chicago), percebeu-se que a célula de hidrogénio pode ser de facto útil para os seus utilizadores, nomeadamente para veículos ligeiros e pesados. Este estudo revela que a poupança gerada através da redução do consumo de combustível é efetiva, mas que principalmente, a redução das emissões de gases pode atingir percentagens quase perfeitas.

Porém, e com base em testes efetuados pelo Laboratório para a Energia e o Ambiente (MIT Laboratory for energy and the Environment), “mesmo com testes agressivos, veículos alimentados por células de hidrogénio não serão significativamente melhores que híbridos de diesel e gasolina, em termos de utilização total de energia e de emissões de gases, em 2020”.

Numa altura em que nos Estados Unidos, a própria administração de George W. Bush encetou iniciativas com o intuito de promover a utilização do hidrogénio para o sector transportador (responsável por um terço das emissões de gases do país), imensas barreiras foram criadas para que este cenário fosse avante.

Efetivamente, este estudo levado a cabo pelo “Laboratório para a Energia e o Ambiente” veio nesse seguimento, e teve como base testes efetuados em novas tecnologias de veículos com o potencial de contribuir para as mudanças climáticas, com base numa previsão do estado da tecnologia em 2020, nas várias combinações de combustíveis e veículos. O responsável pelo estudo foi Malcolm A. Weiss.

Abaixo é apresentado um gráfico com a estimativa comparativa da energia utilizada, e emissões de gases no ciclo de vida destas tecnologias.

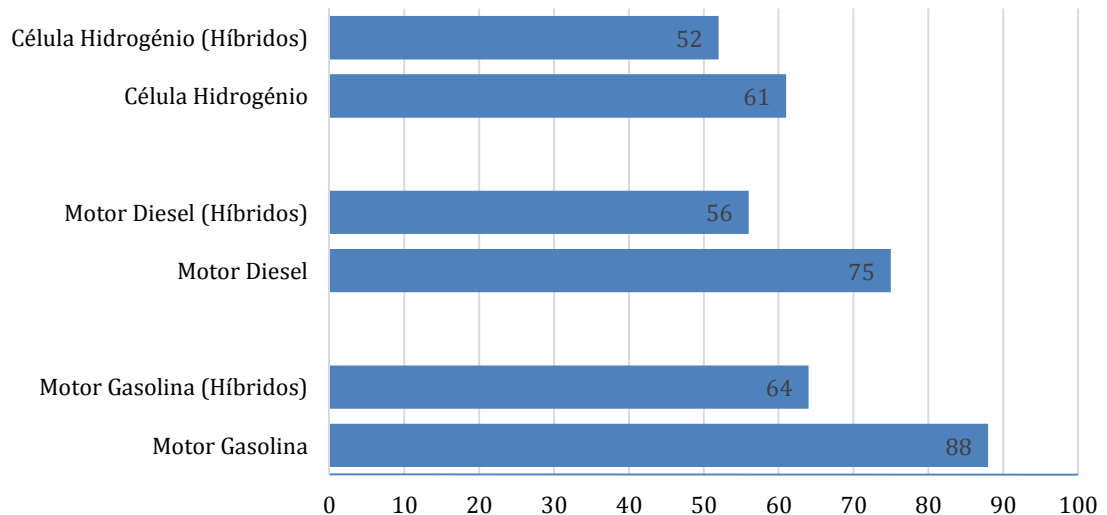


Figura 2 – Energia consumida e emissões de gases em 2020

De acordo com estes testes, é visível que o hidrogénio mostra ter um desempenho relativamente similar ao Diesel, ainda que marginalmente melhor. Ainda assim, e tendo em conta a expectativa gerada nesta tecnologia, os resultados ficam aquém de serem promissores.

De acordo com este teste, a eficiência das células de hidrogénio em condições práticas de condução podem ser de 50-60%, mas que a eficiência geral não passa dos 30%. Nos próximos anos, veículos de combustão interna elétrica híbrida podem ser tão ou mais benéficos, numa perspetiva de ciclo de vida, do que os veículos com células de hidrogénio.

Foram também analisados registos documentais com base em resultados de testes efetuados nas três das empresas alvo deste estudo.

O modo de operações encetado foi o seguinte: Foram solicitadas as características dos veículos para a implementação da melhor solução. De seguida, efetuou-se uma análise dos consumos antes da instalação da célula. Posteriormente, procedeu-se à instalação da(s) mesma(s), permanecendo nos veículos para testes durante 30 dias. Aí, efetuou-se a análise dos consumos já com a célula de hidrogénio em funcionamento.

Na sequência do que foi verificado na Análise Documental, os resultados observados aos consumos nestas empresas foram também eles mistos. Em cada caso, foram instaladas células de hidrogénio em três veículos.

Na primeira empresa, verificaram-se resultados gerais positivos, com uma redução média no consumo de combustível na ordem dos 9%. Neste caso, nenhuma das células revelou problemas técnicos ou mal funcionamento, tendo concluído os 30 dias de testes propostos. Consequentemente, existiu vontade por parte do cliente em adquirir o produto.

Na segunda empresa, os resultados foram marginais. Obtiveram poupanças médias no consumo à volta dos 1,3%, pelo que se retomaram segundos testes para confirmação de resultados.

Na terceira empresa, os resultados foram praticamente neutros. O cliente optou por desistir do produto.

Nestes dois últimos casos, verificaram-se problemas técnicos nas células, e situações imprevistas, como desligamentos súbitos ou descarga repentina nos eletrólitos (cuja duração está prevista para 2.000 horas de funcionamento ou 70.000 km).

Por fim, observaram-se nos contactos diretos efetuados, algumas tendências que demonstram/reforçam o posicionamento destas empresas face à célula de hidrogénio. Nomeadamente, observou-se

que a palavra mais repetida foi “poupança/poupar”. Esta mesma tendência observou-se em vários momentos das entrevistas abertas, quando mesmo falando de outras variáveis como a Qualidade e a Inovação, ou das valências gerais do produto num todo, o entrevistado acabava por “desviar” ou “reencaminhar” o foco da discussão para a questão da poupança. Os dados apontam que esta é essencialmente o alvo das decisões destas empresas, numa lógica de racionalização, de geração de valor e rentabilização dos seus ativos.

7. RESULTADO

Observaram-se nos contactos diretos efetuados, algumas tendências que demonstram/reforçam o posicionamento destas empresas face à célula de hidrogénio. Nomeadamente, observou-se que a palavra mais repetida foi “poupança/poupar”. Esta mesma tendência observou-se em vários momentos das entrevistas abertas, quando mesmo falando de outras variáveis como a Qualidade e a Inovação, ou das valências gerais do produto num todo, o entrevistado acabava por “desviar” ou “reencaminhar” o foco da discussão para a questão da poupança. Os dados apontam que esta é essencialmente o alvo das decisões destas empresas, numa lógica de racionalização, de geração de valor e rentabilização dos seus ativos.

Verificou-se também que a Utilidade Percebida do produto é uma consequência direta da valorização dada pelos clientes à variável “Preço/Poupança”, ou seja, a célula de hidrogénio tem utilidade para estas empresas na medida em que tem capacidade de produzir resultados positivos em termos de redução de custos. As outras variáveis independentes, muito embora acarretem uma importância visível (em especial o “Ambiente”), não são decisivas para a Atitude

para a com a utilização, nem para a Intenção comportamental de utilização do produto.

Dados recolhidos a partir de laboratórios e revistas que analisaram e inclusivamente testaram a tecnologia da célula de hidrogénio não se revelaram muito positivos.

Apesar de ser cientificamente aceite que esta tecnologia revela ter um grande potencial no futuro da energia automóvel, especialmente no que toca ao ambiente, testes efetuados demonstram que os benefícios em termos de redução de custos são na melhor das hipóteses marginais, não compensando o investimento que ainda é considerável.

Ao nível dos testes encetados nas empresas em análise, foi verificado que em média, os resultados não foram os esperados. Nos três casos analisados, apenas um deles demonstrou ter tido resultados substancialmente positivos, sendo que noutro caso a poupança foi marginal, não compensando de todo o investimento efetuado, e no outro, não se verificou poupança de todo.

Fazendo uma análise global aos dados adquiridos através dos métodos de pesquisa descritos, verificaram-se os seguintes pontos:

- As empresas em análise valorizam decisivamente a variável “Preço/Poupança”, acima das outras variáveis;
- A variável “Ambiente” é importante, mas não decisiva na escolha de compra;
- A Utilidade Percebida da célula de hidrogénio está diretamente ligada à sua capacidade de gerar poupança no cliente;
- A Facilidade de Utilização Percebida do produto não constitui peso decisório para a escolha de compra;
- Os resultados gerais dos testes efetuados em três das empresas alvo deste estudo não foram positivos;

- Análises e testes encetados por laboratórios indicam que o hidrogénio não constituirá fonte de energia fundamental no médio-longo prazo.

8. DISCUSSÃO

Este estudo permite verificar que a Intenção Comportamental de Utilização depende sobretudo da Utilidade Percebida do produto, e não tanto da Atitude para com o mesmo.

Em segundo lugar, os resultados finais apontam para a valorização do “Preço/Poupança” como principal variável externa, no que toca àquilo que é o peso na Utilidade Percebida.

Efetivamente, e por si só, a capacidade da célula de hidrogénio em gerar poupança para o cliente torna-se de facto no seu fator crítico de sucesso, no fator que traça a linha entre a escolha de compra positiva ou negativa.

Em terceiro lugar, observou-se que a efetividade da tecnologia da célula de hidrogénio gera opiniões e convicções diversas no panorama científico. Apesar dos seus benefícios claramente importantes para o ambiente, a eficiência com que gera poupança financeira não é tão consensual. Inclusivamente, dados efetuados a nível interno demonstram que a fiabilidade de funcionamento desta tecnologia é falível, resultando num potencial fracasso em atingir os principais objetivos a que se propõe.

Portanto, o presente estudo permite aferir que a Intenção Comportamental de Utilização por parte das empresas de transporte

relativamente à célula de hidrogénio, está diretamente dependente da sua capacidade de gerar poupança e retorno financeiro.

9. CONCLUSÕES

Afere-se com este estudo que as pessoas, e neste caso mais concretamente as empresas, valorizam sobretudo a capacidade funcional da célula de hidrogénio, na qual o preço/poupança gerada tem influência determinante.

De facto, fica demonstrado que a célula de hidrogénio em geral, constitui custos de investimento elevados, tanto a nível de produção como de aquisição. A força matriz por detrás do marketing desta tecnologia em relação ao seu preço, consiste na expectativa da poupança que esta vai gerar no médio/longo prazo, dando assim motivo ao consumidor para investir no produto, em troca de uma garantia de recuperação do seu dinheiro. Todavia, e de acordo com o presente estudo, o investimento considerável que é feito para aquisição de uma célula de hidrogénio está descompensada na mente do consumidor. Ou seja, apesar da garantia de *payback* em utilizar a célula, o investimento é tão substancial que acaba por pesar mais na mente do comprador como um “custo”, do que propriamente o lado da “poupança” gerada.

Em suma, se o preço for percepcionalmente alto, o consumidor não tenderá a adquiri-lo.

O Hidrogénio enquanto combustível alternativo veículos, em especial para veículos pesados, embora limpa, não constitui ainda uma opção válida e realista para as empresas do ponto de vista financeiro.

Numa ótica de comercialização, revela-se assim necessário uma redução dos custos de produção inerentes à célula de hidrogénio. Isto poderá ser conseguido por um lado, através da curva da aprendizagem e da evolução tecnológica, ou também através de uma estratégia de massificação do produto, aplicada às plataformas “móveis, estacionárias e portáteis”.

Dessa forma, será possível não apenas atender às necessidades e expectativas do mercado B2B (em especial do setor empresarial/transportador), como também superá-las.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, A. T., & Moura, P. S. (2007). Hidrogénio e células de combustível. *Gazeta de Física*, 29, 50-55.

Bagozzi, R. P., Davis, F. D., & Warshaw, P. R. (1992). Development and test of a theory of technological learning and usage. *Human relations*, 45(7), 659-686.

Braga, José (2009). *Análise da viabilidade económica da integração de sistemas de célula a combustível, nas plantas de cloro-soda, para utilização do hidrogénio gerado no processo*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil.

Braga, J. M. F. (2009). *Análise da viabilidade económica da integração de sistemas de célula a combustível, nas plantas de cloro-soda, para utilização do hidrogénio gerado no processo*. Rio de Janeiro.

Brandon, N., & Hart, D. (1999). *An introduction to fuel cell technology and economics*. Centre for Energy Policy and Technology, Imperial College.

Brandon, N.; Hart, D. (1999) *An introduction to fuel cell technology and economics*. Centre for Energy Policy and Technology;

Steele, B. C. H., Atkinson, A., Kilner, J. A., Brandon, N. P., & Rudkin, R. A. (2004). *U.S. Patent No. 6,794,075*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.

Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International journal of man-machine studies*, 38(3), 475-487.

Ferreira, V. (2013). *O Setor dos Transportes de Mercadorias em Portugal: A intermodalidade enquanto fator dinamizador das empresas exportadoras*. Tese de Mestrado. Universidade do Porto. Portugal.

Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. (2013). *Trends in Investments, jobs and turnover in the Fuel cells and Hydrogen sector*. Consultado em: http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Investment%20jobs%20%26%20turnover%20in%20FCH%20Sector_0.pdf

Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. (2004). Information systems in supply chain integration and management. *European Journal of Operational Research*, 159(2), 269-295.

Instituto Nacional de Estatística, I.P. *Estatísticas dos Transportes 2011*. Edição 2012, disponível em http://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=146735438&att_display=n conforme consultado em Outubro de 2014;

Instituto para a Inovação na Formação (2000). *O Sector dos Transportes em Portugal - Rodoviário de Mercadorias*. Consultado em: http://www.crcvirtual.org/vfs/old_crcv/biblioteca/3_2_2001_12_8/

Jardim, C. (2011). *Falência Empresarial: Estudo Aplicado ao Caso Português*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. Portugal.

Linardi, M. (2010). *Introdução à Ciência e Tecnologia de células e combustíveis*. Artliber;

Lynn, M. L. (2005). Organizational buffering: Managing boundaries and cores. *Organization Studies*, 26(1), 37-61.

Offer, G. J., Howey, D., Contestabile, M., Clague, R., & Brandon, N. P. (2010). Comparative analysis of battery electric, hydrogen fuel cell and hybrid vehicles in a future sustainable road transport system. *Energy policy*, 38(1), 24-29.

Pereira, S. (2010). *Análise de Ciclo de Vida do Hidrogénio – Cenários Para Portugal*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Mecânica. Aveiro. Portugal.

Rios, A.; Faria, A.; Primo, C.; Monteiro, D.; Teixeira, J.; Silva, M.; Seabra, R. (2012). *Células de Combustível – Protótipos*. Relatório de Mestrado. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Consultado em:
http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_Q1Q2_02.PDF

Satyapal, S., Petrovic, J., & Thomas, G. (2007). Gassing up with hydrogen. *Scientific American*, 296(4), 80-87.

Sørensen, Bent (2012). *Hydrogen and Fuel Cells: Emerging Technologies and Applications*. Elsevier Ltd.;

Villullas, H. M., Ticianelli, E. A., & González, E. R. (2002). Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. *Química Nova na Escola*, 15, 28-34.

Weiss, M. A., Heywood, J. B., Schafer, A., & Natarajan, V. K. (2003). Comparative assessment of fuel cell cars. *Report LFEE*, 1.

Wendt, H., Götz, M., & Linardi, M. (2000). Tecnologia de células a combustível. *Química Nova*, 23(4), 538-546.