



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

**ECONOMIA E GESTÃO DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E
INOVAÇÃO**

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

O FUTURO DO HIDROGÉNIO VERDE EM PORTUGAL

DIOGO SIMÕES LÃ BRANCA



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

OUTUBRO - 2021



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

ECONOMIA E GESTÃO DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

O FUTURO DO HIDROGÉNIO VERDE EM PORTUGAL

DIOGO SIMÕES LÃ BRANCA

ORIENTAÇÃO:

PAULO MIGUEL NUNES SOEIRO DE CARVALHO

OUTUBRO - 2021

LISTA DE ABREVIATURAS

APREN – Associação Portuguesa de Energias Renováveis

CAPEX – Capital Expenditure

CEF – Consumo de Energia Final

CELE – Comércio Europeu de Licenças de Emissão

CO₂ – Dióxido de Carbono

COLAB – Laboratório Colaborativo

CQNUAC – Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

EN-H2 – Estratégica Nacional para o Hidrogénio

FA – Fundo Ambiental

FAI – Fundo de Apoio à Inovação

FEE – Fundo para a Eficiência Energética

FER – Fontes de Energia Renováveis

FIT – Feed in Tariffs

FITEC – Fundo de Inovação, Tecnologia e Economia Circular

FNRE – Fundo Nacional de Reabilitação do Edificado

FSSSE – Fundo para a Sustentabilidade Sistémica do Setor Energético

GEE – Gases com Efeito de Estufa

GW – Gigawatt

H₂ - Hidrogénio

I&D – Investigação e Desenvolvimento

IFRRU 2020 – Instrumento financeiro para a reabilitação e revitalização urbanas 2020

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCEI – Important Projects of Common European Interest

Kg – Kilograma

kW – Kilowatt

kWh – Kilowatt hora

LCOH – Levelized Cost of Hydrogen

LEAP – Long-range Energy Alternatives Planning System

MWh – Megawatt hora

ODS – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

PNEC2030 – Plano Nacional de Energia e Clima 2030

PPEC – Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica

RNBC – Roteiro Nacional de Baixo Carbono

RNC2050 – Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050

TRL – Technology Readiness Level

UE – União Europeia

RESUMO

Esta dissertação tem como principal objetivo entender como será o futuro do hidrogénio verde em Portugal, desde a sua produção ao seu consumo, tentando perceber quais as principais incertezas deste. Para isso foram estudados planos portugueses na área, de modo a perceber quais são as principais metas, medidas, barreiras ao seu desenvolvimento e oportunidades para o país.

A metodologia empregue neste trabalho foi a realização de um método Delphi, onde são fornecidas afirmações sobre os 6 tópicos principais relacionados com áreas económicas, onde se pensa que o hidrogénio terá bastante importância. Essas áreas são: a área da mobilidade, do aquecimento e arrefecimento, da própria produção de hidrogénio, a área da produção de energia elétrica a partir de hidrogénio, a área das energias renováveis e a área da descarbonização da economia. Após a sua formulação este foi entregue a especialistas relacionados com as áreas de estudo, onde puderam também indicar quais as principais oportunidades, barreiras e medidas de ação a tomar, permitindo chegar a conclusões mais concretas.

As principais conclusões retiradas foram que o reforço das energias renováveis é muito importante, para que a economia se consiga descarbonizar mais rapidamente, e que o hidrogénio verde apresentará um papel fulcral nesta área, dado que conseguirá armazenar este tipo de energia. Outra importante questão é a da descarbonização, onde também houve muita relevância dada ao hidrogénio, podendo este ser a solução para os setores onde a eletrificação não é possível. É também muito enfatizado por parte dos especialistas a importância do hidrogénio verde atingir um preço mais competitivo, conseguindo-se concluir que, de modo geral, existe uma aceitação desta tecnologia por parte dos especialistas, o que revela que a sua adoção é algo que se tornará viável, mas que ainda necessita de muito desenvolvimento de infraestruturas, regulamentação e mercado.

KEYWORDS: Hidrogénio verde; Energias Renováveis; Descarbonização; Inovação.

Conteúdo

Lista de Abreviaturas.....	ii
Resumo	iv
Tabela de Figuras	vi
Agradecimentos	vii
1. Introdução.....	1
2. Produção de Hidrogénio	4
2.1 Cores e produção dos diferentes tipos de hidrogénio	4
2.2 Oportunidade competitiva do hidrogénio verde	5
3. Hidrogénio verde em Portugal	7
3.1 Clima e capacidade renovável.....	7
3.2 Importações e exportações energéticas portuguesas	8
3.3 Enquadramento e planos para o hidrogénio verde	10
3.3.1 Enquadramento Internacional e europeu	10
3.3.2 Enquadramento nacional.....	11
4. Metodologia de investigação	20
4.1 Análise dos resultados da primeira conjunto de questões	22
4.2 Análise dos resultados do segundo conjunto de questões	28
5. Conclusões	33
Referências	34
Anexos.....	38

TABELA DE FIGURAS

Figura 1: Efeito cumulativo dos fatores mais significativos na evolução do custo de produção do hidrogénio (LCOH) (DGEG, 2020).....	6
Figura 2: Percentagem de investimento em I&D em relação ao PIB dos diferentes países no ano de 2018. (Statista, 2018)	15
Tabela 1: Afirmações apresentadas aos inquiridos do Método Delphi	21

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais pelo apoio incansável que sempre me deram e que me permitiu chegar aqui, assim como o excelente exemplo de como com trabalho e esforço tudo é possível. Agradeço também à minha família mais próxima por serem um exemplo a seguir do quão excelentes seres humanos são.

Queria agradecer também ao Professor Paulo Soeiro de Carvalho pelo esclarecimento de todas as questões e por toda a ajuda que me deu na execução deste trabalho, sem ele este não seria possível. A todos os professores que me acompanharam ao longo do mestrado e a todos os especialistas que retiraram um pouco do seu tempo para me ajudar.

Por fim agradecer aos meus amigos por todas as ajudas, apoio e tempos de descontração.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a espécie humana sempre necessitou de fontes energéticas para conseguir a sua sobrevivência, fontes estas que foram evoluindo com o passar dos séculos, desde a força humana até novas fontes discutidas atualmente, como é o caso do hidrogénio. A primeira fonte energética utilizada pelo ser humano para seu auxílio, e ainda utilizada atualmente, foi o fogo, servindo não só para cozinhar, mas também para a produção de utensílios que tornaram a vida da espécie mais simplificada e segura, permitindo esta fonte responder às suas necessidades. Com o aumento de um estilo de vida mais sedentário as necessidades humanas mudaram, obrigando a que as fontes energéticas se diversificassem, introduzindo a utilização da tração animal, a força dos ventos e das quedas de água para a produção agrícola e pecuária. Na época dos descobrimentos foi reutilizada a força do vento para a navegação das diferentes embarcações, força essa utilizada também hoje na produção de energia eólica. Nos séculos XVIII e XIX a exploração de novos recursos energéticos aumentou exponencialmente com a utilização de combustíveis fósseis e a produção de energia elétrica. Contudo esta utilização de fontes fósseis e a produção de energia elétrica com o auxílio das mesmas começou a causar perturbações climáticas, observando-se um aumento da temperatura global de 1,2 °C, em 2020, comparativamente a temperaturas pré-industriais (World Meteorological Organization, 2021).

Assim como as necessidades do ser humano se foram alterando ao longo do eixo temporal, as fontes utilizadas pelo mesmo também se foram dinamizando, devido à crescente procura energética. De momento enfrentamos como principal necessidade a redução da poluição atmosférica, através da diminuição de CO₂ libertado para esta. Com o início da segunda Revolução Industrial e com as primeiras aplicações de petróleo, o volume de CO₂ libertado para a atmosfera começou a aumentar a um ritmo cada vez maior e a questão que se coloca atualmente é: Será possível satisfazer as necessidades energéticas vigentes sem que se liberte qualquer CO₂ para a atmosfera?

Para que tal feito seja concretizado é necessário, mais uma vez, alterar a matriz energética existente, substituindo fontes energéticas que emitem dióxido de carbono

para a atmosfera por outras produzidas e consumidas de modo limpo. Este trabalho tem como foco principal estudar uma das soluções que tem ganho maior relevância tanto por Portugal, como pela Europa, como a ideal para se chegar a uma sociedade neutra em carbono, o hidrogénio verde. Mas porquê o hidrogénio?

O primeiro ponto a ter em conta é o facto do hidrogénio ser um dos elementos mais abundantes no planeta e no universo. Para além disso possui uma elevada densidade energética por unidade de massa (33Kwh/kg), contendo, por exemplo, 3 vezes mais energia por unidade de massa que a gasolina e 2,5 vezes mais que o gás natural (DGEG, 2018). Outro fator que o diferencia dos combustíveis fósseis é que quando este é consumido não liberta qualquer dióxido de carbono, mas sim água, pois para produzir energia é necessário juntar hidrogénio com oxigénio. O hidrogénio é também uma boa alternativa para indústrias onde a eletrificação não é possível.

Infelizmente o hidrogénio não apresenta apenas pontos positivos e um dos seus inconvenientes mais conhecido é o seu difícil transporte devido à sua baixa densidade energética por unidade de volume, o que obriga também a grandes consumos energéticos quanto ao seu armazenamento (DGEG, 2019; Giglio et al., 2015). Caso se pretenda armazenar o hidrogénio em contentores existem dois modos para o fazer: armazenamento sob a forma de gás comprimido, sendo necessário gastar energia para o comprimir entre os 350 e os 700 bar, ou então sob a sua forma liquefeita, tendo de ser arrefecido até aos $-252,8^{\circ}\text{C}$ (DGEG, 2018). Outras alternativas de armazenamento são o subsolo, o armazenamento em hidretos metálicos, amoníaco, metanol ou metilciclo-hexano (Papadias, 2021). De momento o hidrogénio mais barato é produzido através de processos que emitem carbono para a atmosfera, o que se apresenta como um entrave à sua adoção, intersetorialmente.

O hidrogénio verde tem sido visto como uma das soluções para a próxima transição energética, pois é produzido com energia renovável através de um processo de dissociação da água chamado eletrólise. Este tipo de hidrogénio começou a apresentar muita relevância pelo facto de Portugal ser o 5º país da UE com maior nível de incorporação de renováveis (Presidência do Conselho de Ministros, 2020), usufruindo das suas condições climatéricas. Neste momento cerca de 60% da energia elétrica

portuguesa é produzida através de tecnologias renováveis (DGEG, 2021) e pretende-se que essa percentagem aumente, com intuito de diminuir o custo da mesma.

O objetivo principal deste trabalho é entender a opinião dos especialistas na área do hidrogénio e da produção energética em relação a este novo elemento que promete ser a solução para a descarbonização da economia portuguesa. Após obter essa informação será necessário analisá-la, de modo a perceber se os planos vigentes são exequíveis e quais as principais oportunidades, barreiras e medidas de ação favorecidas pelos especialistas. Serão abordadas as principais áreas que experienciarão as maiores transições, nomeadamente o setor energético, o setor dos transportes e o setor do aquecimento e arrefecimento. Para além disso serão também colocadas questões sobre a produção de hidrogénio verde, fontes de energias renováveis e sobre a descarbonização.

Este trabalho é constituído por 4 capítulos, onde no segundo capítulo são tratados aspetos como os diferentes tipos de hidrogénio e como é que estes são produzidos, assim como os fatores que influenciam essa produção, seguido do capítulo que contextualiza o leitor do porquê de o hidrogénio verde ser uma mais valia para Portugal, bem como dos planos internacionais e nacionais que o promovem. O quarto capítulo foca-se na metodologia empregue neste trabalho e analisa os resultados obtidos, sendo o último capítulo destinado às conclusões.

2. PRODUÇÃO DE HIDROGÉNIO

2.1 Cores e produção dos diferentes tipos de hidrogénio

O hidrogénio pode ser produzido de diferentes modos e, consoante o modo como este é produzido é-lhe atribuído uma cor para o denominar. Quanto mais amigo do ambiente mais próximo do verde fica, quantas mais emissões de produção mais próximo fica da cor preta. Este pode apresentar muitas cores, mas as principais são o cinzento, o azul e o verde. O hidrogénio cinzento é obtido através da reformação de combustíveis fósseis, e é desta forma que mais de 90% do hidrogénio existente mundialmente é produzido (Bárbara Silva, 2020). A reformação, em termos gerais, consiste na utilização de um hidrocarboneto leve (metano ou álcool, por exemplo) para reagir com vapor de água a elevada pressão e temperatura (entre 850 a 900 °C), contendo também a presença de um catalisador, produzindo moléculas de hidrogénio e dióxido de carbono. Por cada molécula de metano consumida, utilizam-se duas moléculas de água, originando quatro moléculas de hidrogénio e uma molécula de dióxido de carbono (DGEG, 2018). O hidrogénio azul produz-se de forma semelhante ao hidrogénio cinzento, através da reformação, mas com a particularidade de existir captura e armazenamento de emissões de carbono, que de acordo com o Bloomberg New Energy Finance, pode reduzir a intensidade de carbono do hidrogénio produzido, a partir de gás natural, em cerca de 90%. Outro processo que também pode ser utilizado para a produção de hidrogénio azul é conhecido por pirólise, no entanto este é menos eficiente que a reformação, mas com processos menos energeticamente exigentes de captura e armazenamento de emissões de carbono (DGEG, 2018).

A produção de hidrogénio cinzento neste momento tem um custo de cerca de 1,30€/kg H₂, enquanto o hidrogénio azul tem um custo a rondar os 2€/kg H₂.

O hidrogénio verde tem como maior desvantagem o seu preço de produção, estando situado entre os 4€ e os 6,30€ por quilograma (DGEG, 2020). Como referido anteriormente a sua produção é feita através da eletrólise da água (sendo necessários cerca de 9 litros de água para se produzir 1 kg de hidrogénio (DGEG, 2018)), dissociando o hidrogénio do oxigénio utilizando energia elétrica proveniente de fontes renováveis.

Apesar do seu preço, este tipo de hidrogénio é visto como uma das soluções para a transição energética, pois não existem quaisquer emissões de carbono na sua produção e no seu consumo. De seguida serão apresentados os fatores que o tornam tão pouco competitivo em relação aos outros.

2.2 Oportunidade competitiva do hidrogénio verde

O hidrogénio verde tenta colmatar a intermitência das fontes renováveis de energia e, em momentos de excesso de oferta, essa energia pode ser utilizada para a produção de hidrogénio verde, reduzindo o seu preço de produção. Os fatores críticos que tornarão este tipo de hidrogénio viável são:

- O capital investido e, por sua vez, o nível de maturidade tecnológica que os eletrolisadores alcançarão;
- O custo da eletricidade renovável que alimentará o processo de dissociação da água;
- O número total de horas de funcionamento (fator de carga) anualmente;

No que toca ao capital investido em eletrolisadores, quanto maior for mais eficientes estes se tornarão. Este investimento está também dependente do fator de carga dos eletrolisadores, isto é, a uniformidade com que a energia elétrica é consumida por estes. O fator de carga tem em conta o consumo energético face à procura máxima medida, variando entre valores de 0 e 1 (ou 0 e 100 quando o valor é transformado em percentagem). De modo a tornar o preço do hidrogénio mais competitivo é necessário que os eletrolisadores possuam um fator de carga superior a 35%, e espera-se que o investimento global em torno desta tecnologia faça com que esta exceda um fator de carga de 50% (DGEG, 2020).

O preço da eletricidade utilizada no processo é o mais significativo relativamente ao custo de produção do hidrogénio, como mostra a figura 1. Pretende-se por isso a instalação de vários parques renováveis, tanto com fontes eólicas como solares, de modo que o preço da energia elétrica renovável desça consideravelmente. A figura 1

refere-se também ao contexto português, onde se espera que o preço do hidrogénio verde chegue aos 1,20€/kg H₂, um valor muito abaixo do praticado atualmente. Na legenda da figura é também possível observar mais três parâmetros para além da energia elétrica: O CAPEX, o fator de capacidade e a eficiência do sistema. O fator de capacidade refere-se ao fator de carga indicado anteriormente; o CAPEX (*Capital Expenditure*) está relacionado com o custo de investimento em infraestruturas de produção, eletrolisadores e restante sistema; e por fim a eficiência do sistema refere-se a quantos kWh de eletricidade são necessários para a produção de 1 kg de hidrogénio. É também importante referir que para além de todos estes fatores o pH, a salinidade ou a temperatura da água utilizada nos eletrolisadores afeta a quantidade de hidrogénio produzido (Uysal, 2021). Com o avanço temporal observamos que o quilo de hidrogénio tende a ficar mais barato, e os diferentes pesos dos fatores referidos para essa redução de custo (DGEG, 2020).

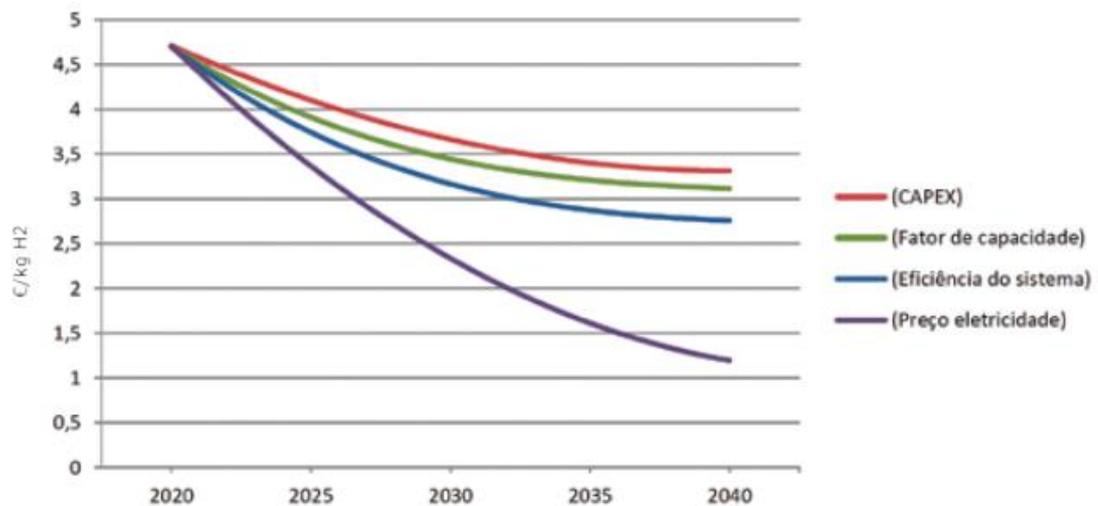


Figura 1: Efeito cumulativo dos fatores mais significativos na evolução do custo de produção do hidrogénio (LCOH) (DGEG, 2020)

3. HIDROGÉNIO VERDE EM PORTUGAL

3.1 Clima e capacidade renovável

Neste capítulo serão analisados os fatores que tornam Portugal num país que se poderá vir a tornar líder na produção de hidrogénio verde a nível europeu e quais os benefícios que poderá obter ao produzi-lo. O primeiro fator a ter em conta é a favorável localização geográfica que Portugal tem, assim como o seu comprometimento há mais de 10 anos no que toca à descarbonização do setor energético, com todas as fontes renováveis instaladas, aproveitando recursos solares, do vento, da água e da biomassa. (DGEG, 2020; Presidência do Concelho de Ministros, 2020)

Quanto a recursos solares, Portugal, especialmente no sul, apresenta a radiação solar mais intensa, tendo isso uma tradução de mais de 1500 a 1900 kWh/m² de produção energética, em relação aos demais países europeus, acumulando um potencial de fornecimento energético superior ao centro e norte da Europa. (Presidência do Concelho de Ministros, 2020).

Quanto a recursos eólicos, em todo o país existem 261 parques eólicos instalados até 2019, apresentando estes uma média de 2378 horas de produção por ano (APREN, DGEG, 2020). Estes parques eólicos são todos terrestres (ou onshore), no entanto está também a ser desenvolvido um projeto de energias renováveis oceânicas offshore, numa zona piloto. Apesar da maioria dos locais preferíveis à instalação de fontes eólicas onshore estarem já ocupados, é possível fazer um sobreequipamento de modo a produzir mais energia elétrica renovável, tendo como consequência positiva a diminuição do seu custo, assim como a substituição de equipamentos datados por outros mais eficientes. A maioria da zona costeira, não estando aproveitada, apresenta também um grande potencial no que toca à produção de energia eólica ou solar offshore.

Existe também alguma aversão a novas inovações no que toca a fontes energéticas, por parte da população, pois em 2005 quando foram criados os primeiros parques eólicos e solares em Portugal foram também criadas Feed-in tariffs (FIT), mecanismo utilizado por políticas públicas destinadas a acelerar o investimento em tecnologias de energias renováveis por meio da oferta de contratos a longo prazo aos

produtores de energias renováveis, normalmente com base no custo de criação de cada tecnologia (Kenton, 2021). Isto fez com que os proprietários desses parques fossem beneficiados em relação à energia que produziam, prejudicando os consumidores, tendo estes que pagar a diferença entre o custo a que a energia era vendida e o valor fixo estipulado pelas FIT (no caso da energia fotovoltaica o valor estipulado foi de cerca de 290€ por MWh, enquanto nas eólicas o valor se afixava nos 95€ por MWh) até ao ano de 2028 (Res Legal, 2018).

Apesar do prejuízo causado aos consumidores pelas FIT estas conseguiram uma grande alavancagem no que toca à instalação de parques eólicos e fotovoltaicos, o que, em 2018, se traduziu num consumo final bruto de energia de fontes renováveis de 30,3%. Portugal tinha como meta para 2020 atingir 31% de fontes renováveis de energia no consumo final bruto de energia, sendo esta a 5ª meta mais ambiciosa para esse ano da UE. No setor da eletricidade as fontes renováveis ocuparam 52,2% da produção energética, no setor de aquecimento e arrefecimento a energia renovável utilizada foi de 41,2% e no dos transportes de 9% no ano de 2018.

3.2 Importações e exportações energéticas portuguesas

Portugal sempre apresentou uma grande dependência de fontes de energia fósseis, onde até 2009 dependia exteriormente de um valor entre os 80% e os 90% desse tipo de energia (Presidência do Concelho de Ministros, 2020). Essa dependência foi reduzindo ao longo dos anos, mas para os 74,16% de dependência externa (valores provisórios referentes a 2019 (DGEG, 2020)), pois existem muitos setores onde, apesar da produção elétrica ser intensa com o reforço das fontes renováveis, a eletrificação não é possível, o que faz com que as importações de energias fósseis não tenham uma redução muito acentuada ao longo do tempo. No panorama das importações de energia anuais, nos últimos 3 anos, o petróleo representou uma média de 79% do total das importações de energia anuais, enquanto o gás natural representou uma média de 15%. Estes valores representam um peso de 12%, em média, no total das importações de energia na Balança de Mercadorias FOB (DGEG, 2020).

A trajetória para a neutralidade carbónica obriga a que esta energia seja posta de parte e que energias renováveis, não só prevaleçam, como se torna mandatário o seu reforço, encontrando novas soluções. Em 2018 no que toca ao consumo de energia final (CEF) por tipo de fonte, o petróleo assume o papel principal na matriz energética portuguesa com um contributo de 46% do consumo final, estando em segundo lugar a energia elétrica com um contributo de 25%, seguido do gás natural com 11%, o calor com 7%, as renováveis com 11% e outras fontes energéticas que representaram menos de 1% (Presidência do Conselho de Ministros, 2020). Quanto ao consumo final de energia por setor, o setor dos transportes representa 36% do consumo de energia final, o setor da indústria 30%, o setor doméstico 18%, o dos serviços 14% e o setor da agricultura e pescas 3% (Presidência do Conselho de Ministros, 2020).

Em 2018 Portugal importou 12,6 milhões de toneladas de petróleo bruto, equivalendo a 7 345 milhões de euros em importações de petróleo, enquanto as importações de gás natural apresentaram um valor de 1 373 milhões de euros (DGEG, 2019). Num cenário onde existe uma descarbonização total da economia, as importações energéticas, tanto de petróleo como de gás natural, devem ser muito perto de zero. O hidrogénio verde pode substituir estas duas fontes energéticas poluentes, intersetorialmente, não só reduzindo as importações energéticas, como aumentando as exportações, dadas as condições favoráveis de Portugal para a sua produção, permitindo economizar mais de 8 mil milhões de euros.

Quanto ao valor das exportações de hidrogénio ainda não é possível chegar a valores particulares, pois ainda não é possível presumir o seu preço de produção e possível mercado, mas a Estratégia Nacional para o Hidrogénio (EN-H2) definiu como objetivo a instalação de entre 1,5 e 2,5 GW de capacidade de produção de hidrogénio até 2030, 5 GW até 2040 e 10 GW até 2050, o que criará uma margem para exportações energéticas de maior valor que as atuais. De momento um dos maiores exploradores de hidrogénio verde é a Austrália que pretende até 2027-28 ter cerca de 14 GW de capacidade de produção de hidrogénio, um valor superior a Portugal mesmo em 2050, mas com um budget de 36 mil milhões de dólares, cerca de 4,5 vezes maior que o planeado para Portugal (Smink, 2021).

3.3 Enquadramento e planos para o hidrogénio verde

3.3.1 Enquadramento Internacional e europeu

Como referido anteriormente a produção e adoção de hidrogénio verde tem como principal objetivo a redução das emissões GEE, que têm vindo a aumentar desde a primeira revolução industrial, com o aumento do consumo de energias fósseis e a redução do número de florestas, entre outros fatores. O primeiro tratado a ser acordado para se reduzirem as emissões de GEE foi o Protocolo de Quioto, assinado em 1997. Este protocolo apareceu como resultado de vários eventos sobre as alterações climáticas já registadas no final dos anos 80 e inícios dos anos 90, eventos esses como a Toronto Conference on the Changing Atmosphere e o IPCC's First Assessment Report, que acabaram por originar a Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC). O Protocolo de Quioto conseguiu um total de 192 países membros signatários, entrando em vigor em 2005, e definindo que esses países deveriam reduzir as suas emissões de GEE, em pelo menos, 5,2% em relação aos níveis libertados em 1990, até 2012. Este protocolo tentou também estimular os países signatários a cooperarem entre si, reformulando os setores de energia e transportes, promovendo a instalação e utilização de fontes energéticas renováveis, limitando as emissões de metano na gestão de resíduos e das emissões nos sistemas energéticos e preservando florestas e outros consumidores de carbono (CQNUAC, 2008).

Após a conclusão deste protocolo foi feita uma prorrogação dos seus objetivos até 2020 através da "Emenda de Doha". Em 2020 entrou em vigor o Acordo de Paris, cujo principal objetivo é controlar o aquecimento global, de modo que este não ultrapasse os 2°C de temperatura média global, mantendo-se preferencialmente nos 1,5°C. Este acordo foi também criado na área da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas e aprovado em 2015 por 195 países (UN, 2016). Para além do objetivo de controlo da temperatura média global, este visava aumentar a flexibilidade da economia global quanto às alterações climáticas, assim como a

produção de alimentos com menos emissões de CO₂, e a criação de fluxos financeiros para a redução dessas emissões e promovendo um desenvolvimento tecnológico mais sustentável. De momento crê-se que a atividade humana contribui já para um aumento da temperatura de cerca de 1°C (entre 0,8°C a 1,2°C) em relação a períodos pré-industriais.

Com os objetivos definidos no Acordo de Paris a União Europeia decidiu, em 2014, comprometer-se a uma redução interna de pelo menos 40% das suas emissões de GEE no conjunto de todos os setores económicos, até 2030, comparativamente aos níveis de emissões registados em 1990. Esta meta foi definida pelo quadro legislativo de Energia e Clima 2030 europeu, sendo também adicionadas mais 2 metas: Uma produção de pelos menos 32% de energia proveniente de fontes renováveis (APA, 2019) e pelo menos 32,5% de melhoria na eficiência energética (APA, 2019). O objetivo a longo prazo da EU é atingir reduções de 80%-95% nas emissões de GEE, isto é, até 2050, o que se tornará um grande desafio, dado que com as políticas e objetivos já estabelecidos apenas se conseguirá uma redução de cerca de 60% até esse ano.

3.3.2 Enquadramento nacional

Roteiro para a Neutralidade Carbónica

O RNC2050, mais conhecido como o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, define a trajetória a tomar para o cumprimento da neutralidade carbónica em Portugal no ano de 2050, roteiro esse que foi submetido tanto à CQNUAC, em conformidade com o Acordo de Paris, como à Comissão Europeia, de acordo com o Regulamento da UE sobre a Governação da União da Energia e da Ação Climática. Este roteiro indica quais os trajetos a tomar por vários setores económicos, como o electroprodutor, o da mobilidade e dos transportes, da indústria e dos processos industriais, o setor agrícola entre outros, assim como opções políticas e medidas a tomar para concretizar esses trajetos. É também realçada a importância da investigação, inovação e desenvolvimento

para as transições sustentáveis setoriais necessárias, de modo a promover uma economia competitiva, circular, resiliente e neutra em carbono.

O RNC2050 foi também criado em articulação com o Plano Nacional da Energia e Clima (PNEC), dado que o maior contributo para a descarbonização da economia estará maioritariamente nas mãos do sistema energético, principalmente no que toca à produção de eletricidade e aos transportes.

Este documento está também de acordo com a concretização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela ONU, nomeadamente focando-se principalmente no ODS 13 – Ação Climática, sendo este um dos objetivos primários a que Portugal se comprometeu a cumprir no contexto da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Para além desta meta a visão estratégica abordada pretende também erradicar a pobreza (ODS 1), assegurando uma transição justa e coesa; aumentar a saúde de qualidade (ODS 3); uma educação nacional de qualidade (ODS 4); trabalho digno e crescimento económico (ODS 8); Indústria, Inovação e Infraestruturas (ODS 9); Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11); Produção e consumo sustentáveis (ODS 12) e proteger a vida terrestre (ODS 15).

Segundo este Roteiro, até 2050 todos os setores irão contribuir para o objetivo de neutralidade carbónica, mas nem todos terão o mesmo impacto na balança de emissões, sendo que com maior impacto estão posicionados, segundo os valores registados em 2020, o setor da mobilidade e dos transportes, o setor electroprodutor, o setor da indústria e o setor dos edifícios.

No setor dos transportes pretende-se uma redução de 98% das emissões em 2050, com as maiores apostas inovadoras posicionadas na eletrificação integral dos veículos ligeiros e a utilização de hidrogénio para o caso dos veículos pesados, tanto de passageiros como de mercadorias, para o setor da navegação e também para o da aviação. Ainda no setor dos transportes prevê-se uma maior partilha dos mesmos, tendo em vista um aumento de eficiência cada vez maior, dado que os transportes privados possuem uma média de 1,2 passageiros por veículo e lotações médias de transportes públicos entre 17% e 24%.

O setor electroprodutor é visto como o mais fulcral para o cumprimento dos objetivos propostos no Roteiro, dado que existe um grande foco numa eletrificação massiva intersectorial, prevendo-se que em 2050 a eletricidade representará cerca de 80% do consumo de energia primária, havendo uma oportunidade de redução das emissões em 99%. Já o setor energético pretende reduzir a sua dependência energética exterior de 78% (valores de 2019) para 20% em 2050, recorrendo para isso, principalmente, aos recursos endógenos renováveis do país (principalmente o vento e o sol), atingindo a meta de entre 66% a 68% do consumo de energia final ser satisfeito por eletricidade. É também deste setor que a produção de hidrogénio advém, onde, segundo o RNC2050, se pretende que entre 5% a 8% da eletricidade produzida seja canalizada para a produção de hidrogénio verde, através da eletrólise alcalina da água. As centrais termoelétricas a carvão serão encerradas até 2030 devido à sua contribuição de emissões de GEE e haverá um maior foco em tornar as redes energéticas mais inteligentes e flexíveis, de modo a aumentar a sua eficiência.

Quanto ao setor da indústria e dos processos industriais este é um dos que apresenta maiores dificuldades e desafios quanto à redução de emissões, dado que nem sempre a eletrificação dos processos é possível e a captura e armazenamento de carbono é apenas uma opção economicamente viável no setor dos cimentos. O setor da indústria, em 2015, representou cerca de 19% das emissões nacionais, onde 62% destas estavam associadas à queima de combustíveis fósseis e 38% a emissões dos processos, no entanto prevê-se que até 2050 seja possível reduzir as emissões deste setor até 73%. Para isso pretende-se aumentar a utilização de fornos elétricos, da robotização e a conversão de certas áreas industriais numa indústria 4.0, incorporando aspetos tecnológicos como a *Internet of Things*, a computação na *Cloud* e *Advanced Analytics* em parâmetros de *Big Data*, de modo a aumentar a eficiência dos processos industriais, reduzindo a intensidade energética do setor de 52% a 64% em 2050, face a valores registados em 2015. Pretende-se também fazer a transição de combustíveis fósseis mais poluentes para menos, prevendo-se que até 2030 maior parte da indústria utilize o gás natural como fonte energética, e daí será possível transitar para o hidrogénio verde,

quando este se encontrar mais custo-eficaz, promovendo uma transição menos disruptiva.

O RNC2050 também evidencia a importância da promoção de uma economia circular, onde novos produtos ou energia criada está assente numa estratégia de redução, reutilização, recuperação e reciclagem. Para além disso é também realçada a relevância do estímulo à investigação, inovação e desenvolvimento, assim como a produção de conhecimento necessário para a realização de uma transição neutra em carbono, com resultados que permitam tornar Portugal num dos países mais atrativos da Europa no que toca ao ecossistema do hidrogénio, sendo esta abertura à cooperação externa um exercício de *Soft Power* estrategicamente importante para um futuro descarbonizado.

Plano nacional Energia e Clima 2021-2030

Mais focado na área energética e climática o Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC2030) é um objeto de estudo que apresenta um lado mais empírico que o RNC2050, estando também enquadrado nas obrigações decorrentes do Regulamento (UE) 2018/1999 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativo à Governação da União da Energia e da Ação Climática. O horizonte temporal deste é também menor que o do RNC, o que faz com que o número de incertezas a ele associado seja parcialmente menor. A sua estratégia está em conformidade com as cinco dimensões da União da Energia, sendo elas: A dimensão da descarbonização, a dimensão da eficiência energética, a dimensão da segurança energética, a dimensão do mercado interno de energia e a dimensão da investigação, inovação e competitividade. Essa visão estratégica tem como objetivo “Promover a descarbonização da economia e a transição energética visando a neutralidade carbónica em 2050, enquanto oportunidade para o país, assente num modelo democrático e justo de coesão territorial que potencie a geração de riqueza e uso eficiente de recursos”.

Quanto às principais metas definidas pelo PNEC2030 temos uma redução de emissões entre 45% a 55%, face a valores registados em 2005; um aumento da eficiência

energética, isto é, uma redução no consumo de energia primária em 35%; um aumento do contributo de fontes renováveis no consumo final de energia de 31% em 2020, para 47% em 2030; um aumento do contributo de energias renováveis nos transportes de 10% em 2020, para 20% em 2030; e um aumento da capacidade de interligações da rede energética entre Portugal e Espanha de 10% em 2020 para 15% em 2030. Assim como o RNC2050 os objetivos do PNEC2030 obedecem aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável referidos no primeiro.

As orientações dos dois documentos referidos são similares quanto às medidas a tomar, havendo apenas uma maior especificidade nos valores percentuais do PIB relativos ao investimento em I&D, onde se pretende que em 2030 o investimento total do mesmo em Portugal corresponda a 3% do PIB, o que colocaria Portugal entre países como a Dinamarca (3.03%) e a Finlândia (2.76%) no que toca a investimento em I&D, como podemos observar a figura 2.

É também no PNEC2030 onde são discriminados com maior detalhe as fontes de financiamento, onde se pode concluir que, para além do investimento geral sem a finalidade de atingir a neutralidade carbónica, será necessário, entre o período temporal de 2016 a 2030, um investimento adicional de 10,8 a 14,7 mil milhões de euros para se atingir as metas de neutralidade carbónica propostas. No horizonte temporal de 2031 a 2040 esse investimento aumenta para 33,7 a 37,9 mil milhões de euros, tomando uma porção mais considerável.

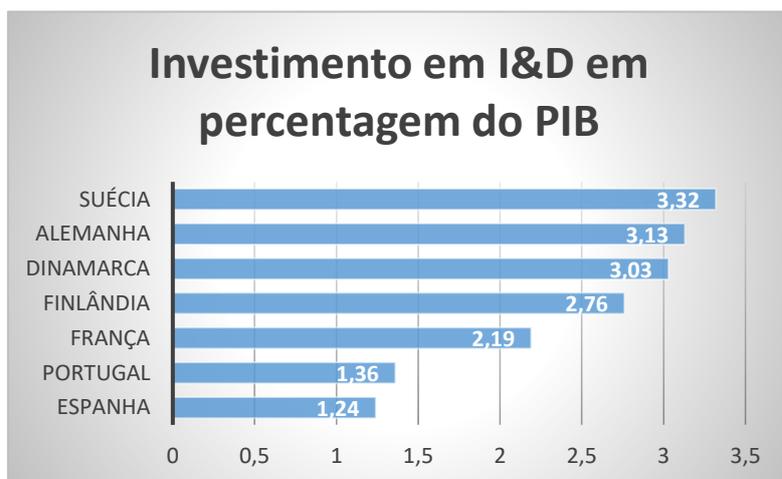


Figura 2: Percentagem de investimento em I&D em relação ao PIB dos diferentes países no ano de 2018. (Statista, 2018)

Estratégia Nacional do Hidrogénio

Um dos planos mais importantes que revela a viabilidade do hidrogénio verde como gás renovável a ser produzido e consumido em Portugal, a nível intersectorial é a Estratégia Nacional para o Hidrogénio (EN-H2). Este foi produzido em concordância com os dois planos abordados anteriormente e com os projetos anuais desenvolvidos pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) de 2018 a 2020, nomeadamente “O Hidrogénio no Sistema Energético Português: Desafios de integração”, “Integração do Hidrogénio nas cadeiras de valor – Sistemas energéticos integrados, mais limpos e inteligentes” e o “Roteiro e Plano de ação para o Hidrogénio em Portugal”.

O estudo sobre a viabilidade da produção e consumo de hidrogénio verde em Portugal começou a ganhar mais destaque quando, no leilão solar de 2019, se conseguiu atingir um valor de 20,33€/MWh médio de eletricidade, tendo o valor mínimo chegado aos 14,76 €/MWh e o máximo aos 31,16 €/MWh. Como referido no capítulo sobre os custos de produção de hidrogénio verde, este é um indicador forte de que o seu preço de produção em Portugal será abaixo dos preços praticados globalmente, pois o custo da energia elétrica é o fator que mais afeta o custo dessa produção.

Este plano é uma das referências mais importantes para este trabalho, pois é nele que se definem as principais metas relativas à produção e utilização do hidrogénio em Portugal. As metas a cumprir até 2030 são:

- Injeção de 10% a 15% de hidrogénio verde nas redes de gás natural;
- Consumo energético de 2% a 5% de hidrogénio verde no setor da indústria;
- Consumo energético de 1% a 5% de hidrogénio verde na área dos transportes rodoviário;
- Consumo energético de 3% a 5% de hidrogénio verde na área dos transportes marítimos domésticos;
- 1,5 % a 2 % de hidrogénio verde no consumo final de energia;
- Uma capacidade instalada de eletrolisadores correspondente entre 2GW a 2,5GW;

- Criação de 50 a 100 postos de abastecimento de hidrogénio;

O hidrogénio é por isso visto como uma oportunidade muito importante para Portugal dado a sua vantagem competitiva, apresentando 8 vantagens para a economia portuguesa:

- Permite uma redução das importações de fontes energéticas fósseis e por sua vez, uma diminuição da dependência energética exterior;
- Encontra-se em conformidade com as metas nacionais definidas tanto no RNC2050 como no PNEC2030;
- Promove a inovação, investigação e desenvolvimento no ecossistema do hidrogénio;
- Permite também solucionar uma alternativa para o setor da indústria para além do gás natural, possibilitando assim a sua descarbonização;
- Promove o reaproveitamento e resiliência da atual rede nacional de gás natural;
- Descarboniza o setor dos transportes, sendo este um dos mais poluentes;
- Cria toda uma nova indústria e novos serviços em redor das necessidades para a produção e consumo de hidrogénio verde;
- Permite que Portugal aumente o seu volume de exportações, podendo agora começar a exportar hidrogénio verde para países onde a sua produção não é viável;
- Permite também descarbonizar a produção de eletricidade com o reforço das energias de fontes renováveis e torna possível o seu armazenamento e a sua utilização para a área do aquecimento e arrefecimento;
- Há também uma contribuição para a segurança energética com uma diversificação das fontes energéticas existentes, passando também agora a incluir os gases renováveis;

São também definidos objetivos mais concretos sobre apoios ao investimento, com previsões de fundos entre os 7.000 e os 9.000 milhões de euros em novos projetos

relacionados com o hidrogénio para os setores da energia, transportes e indústria, e relacionados com investigação e desenvolvimento. É também prevista uma redução de importações de gás natural de 380 a 740 milhões de euros em 2030, assim como uma redução de importações de amoníaco de 180 milhões de euros. Espera-se a criação de 8.500 a 12.000 novos empregos em toda a nova cadeia de valor do hidrogénio verde e o consumo de 1% de águas residuais tratadas nas eletrólises alcalinas.

Para que primeiro se produza hidrogénio verde é necessário entender quais as 3 fases da cadeia de valor do mesmo. A primeira fase é a fase de produção, onde são definidos os processos, vias e tecnologias a ser utilizadas, seguidamente e dependendo da escala de produção, é definida a estratégia a adotar: Caso se pretenda que a produção seja de grande escala então a mesma deve ser centralizada, por questões de eficiência, enquanto se a produção requerida for de pequena ou média escala é preferível que haja uma descentralização da mesma, em locais adjacentes ao seu consumo. Em Portugal, e segundo o EN-H2, a estratégia será haver um projeto central de grande escala e outros descentralizados em locais estratégicos para consumo em diferentes setores. A segunda fase é a de armazenamento, distribuição e abastecimento onde é necessário ter em atenção a especificidade destas três ações para o hidrogénio, dada a sua baixa densidade energética por unidade de volume. Isto permite também que esta fase possa se feita de 4 modos diferentes: distribuição por estrada ou ferrovia como um gás liquefeito ou comprimido, dependendo do modo como é armazenado; distribuição sob a forma de hidrogénio liquefeito por meios navais; distribuição de hidrogénio sob a sua forma gasosa por sistemas de condutas; mistura de hidrogénio com gás natural utilizando a atual infraestrutura de gás natural. A última fase é a sua aplicação de uso final, podendo este ser aplicado à produção de eletricidade, aquecimento e arrefecimento ou aos transportes.

Foi delineado um plano de ação para a implementação da EN-H2 dividido em 3 fases. A primeira fase, de 2020 a 2023, foca-se na parte mais experimental e de acumulação de conhecimento quanto a tecnologias, assim como a articulação e definição do quadro regulamentar e legislativo, permitindo a criação dos primeiros projetos numa lógica de médio e longo prazo. A segunda fase, de 2024 a 2030,

concentra-se nos projetos e no posicionamento de Portugal no mercado Europeu, tanto como na criação de competências nacionais qualificadas e na formação de profissionais. A última fase, de 2030 a 2050, salienta o mercado desenvolvido de Portugal relativo ao hidrogénio através da dimensão de exportações e de internacionalizações.

Este documento apresenta também um grande enfoque no projeto industrial de Sines, financiado praticamente na totalidade pela iniciativa Important Projects of Common European Interest (IPCEI), pois até agora é o único projeto de produção de hidrogénio de larga escala e centralizado, na zona de Sines, que apresenta circunstâncias muito favoráveis, dadas as suas condições climáticas e porto de águas profundas, que será utilizado futuramente como um ponto importante de exportação por via marítima. Este projeto ambiciona até 2030 ter, pelo menos, 1 GW de capacidade instalada em eletrolisadores para a produção de hidrogénio verde, apresentando grande interesse para a cadeia de valor do hidrogénio, através do reforço das fontes de energia renováveis nacionais, produzindo hidrogénio, e criando infraestruturas relacionadas com o seu armazenamento, distribuição e transporte. Será possível também começar a desenvolver um mercado nacional de hidrogénio, produzir eletrolisadores e a criar um laboratório colaborativo (CoLab). Este projeto apresenta também uma importante colaboração entre os Países Baixos e Portugal, dado que estes apresentam uma elevada procura de hidrogénio (devido às suas refinarias, produção de fertilizantes e indústria química); apresentam também eletrolisadores com um nível de maturidade tecnológica avançada e são um importante ponto estratégico de exportações, dado que ao seu redor contam também com países como a Bélgica e Alemanha que apresentam necessidades semelhantes às dos Países Baixos.

Foram também modulados 3 cenários quanto à produção de hidrogénio tendo em conta o cumprimento das metas definidas, cenários esses que se distinguem pela capacidade instalada de produção. O primeiro cenário é o EN-H2_BASE onde se perspetiva uma capacidade de produção de 2,2 GW em 2030; o segundo é o cenário EN-H2_BAIIXO apresentando uma capacidade instalada de 2,0 GW em 2030; e o último cenário, EN-H2_ALTO, representa a capacidade máxima instalada prevista para 2030 (de 2,5 GW).

4. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Para o presente trabalho, e recorrendo aos planos nacionais referidos, foram contactados 17 especialistas na área da produção e consumo de hidrogénio, na área da mobilidade, aquecimento e arrefecimento (que engloba a área da indústria), de produção de energia elétrica e renovável e na área da descarbonização em Portugal. Dado que a produção e consumo de hidrogénio é uma área que ainda apresenta muitas incertezas, o objetivo principal deste trabalho é identificar quais dessas são as principais e qual a opinião destes especialistas em relação às metas definidas por estes planos (os resultados encontram-se nos anexos).

Foi utilizado o método Delphi, método de prospetiva que promove um debate construtivo entre especialistas, com o objetivo de conseguir chegar a um consenso sobre o futuro do hidrogénio em Portugal. Este método contém várias rondas de questões e, no âmbito deste trabalho, foram realizados dois conjuntos de questões: um primeiro para obter um contexto global sobre a opinião dos especialistas em relação às metas definidas pelos planos portugueses e um segundo sobre os horizontes temporais perspetivados pelos inquiridos, bem como a importância dada a algumas questões pelos especialistas.

O Delphi abordou 7 tópicos distintos de interesse, com o primeiro a centrar-se em duas questões gerais, seguido de um tópico sobre o setor da mobilidade; um tópico com questões sobre a área do aquecimento e arrefecimento, sucedido do maior tópico sobre a produção de hidrogénio em Portugal; questões sobre a produção de energia elétrica utilizando hidrogénio como combustível; um tópico sobre o consumo de energias renováveis e o último tópico sobre a descarbonização da economia portuguesa.

O método foi composto por 19 afirmações (apresentadas na tabela 1), onde é questionado qual nível de expertise do inquirido em relação a cada afirmação, qual a importância que lhes atribui e qual a posição de Portugal, em termos de progresso, em relação às mesmas. De modo que a opinião dos especialistas fosse mais transparente foram questionadas quais as principais oportunidades, barreiras e medidas de ação a tomar, com o intuito destes se conseguirem justificar e, ao mesmo tempo, fornecer

informação valiosa para a pesquisa. É também questionado qual o horizonte temporal em que cada afirmação se verificará. O Método Delphi exige o anonimato entre os inquiridos, ou seja, os mesmo não sabem quem faz parte da lista de inquiridos.

Questões Gerais	1 - <i>“O hidrogénio verde é considerado a fonte de energia mais limpa para o armazenamento de energia renovável em Portugal, quando comparado a outras tecnologias, como por exemplo a baterias estacionárias de larga escala ou a biocombustíveis.”</i>
	2 - <i>“Portugal posiciona-se como um dos países mais atrativos da Europa no que toca a I&D no ecossistema do Hidrogénio, atraindo investigadores estrangeiros para projetos de hidrogénio verde portugueses”</i>
Mobilidade	3 - <i>“Os transportes rodoviários consomem 5 % de hidrogénio verde” (Meta para 2030 do EN-H2)</i>
	4 - <i>“Os postos de abastecimento de hidrogénio para consumo de energia final no setor dos transportes atingem 45% do seu hidrogénio de cor verde e azul”</i>
	5 - <i>“Portugal tem 50 estações de abastecimento de hidrogénio” (Meta para 2030 do EN-H2)</i>
Aquecimento e Arrefecimento	6 - <i>Portugal terá injetado 5% de hidrogénio verde nas redes de gás natural (meta mínima estipulada pelo EN-H2 para 2025)</i>
	7 - <i>Portugal terá injetado 15% de hidrogénio verde nas redes de gás natural (meta mínima estipulada pelo EN-H2 para 2030)</i>
Produção de hidrogénio	8 - <i>“A produção de hidrogénio verde ultrapassa a produção de hidrogénio azul, em Portugal.” (Previsto para 2024, segundo o Roteiro e plano de ação para o Hidrogénio)</i>
	9 - <i>“A produção de hidrogénio verde ultrapassa a produção de hidrogénio cinzento, em Portugal.” (Previsto para 2044, segundo o Roteiro e plano de ação para o Hidrogénio)</i>
	10 - <i>“O hidrogénio verde atinge um valor de mercado que o torna suficientemente competitivo em Portugal (valor entre 1 e 2€/kg H2) (Previsto para 2035-2040 segundo o Roteiro e plano de ação para o Hidrogénio)”</i>
	11 - <i>“São atingidos os 2 GW de capacidade instalada em eletrolisadores em Portugal” (valores incluídos no cenário EN-H2 BAIXO para 2030)</i>
	12 - <i>“30% do hidrogénio produzido em Portugal é através da eletrólise da água” (Plano Nacional do Hidrogénio, a atingir até 2025)</i>
	13 - <i>“50% do hidrogénio produzido em Portugal é através da eletrólise da água” (Plano Nacional do Hidrogénio, a atingir até 2030)</i>
Produção de energia elétrica através de hidrogénio	14 - <i>“Integração de 5% de hidrogénio nas centrais termoelétricas em Portugal” (Meta máxima imposta pelo EN-H2 para 2025)</i>
	15 - <i>“Integração de 15% de hidrogénio nas centrais termoelétricas em Portugal” (Meta máxima imposta pelo EN-H2 para 2030)</i>
Energias renováveis	16 - <i>“As energias renováveis representam 47% do consumo final bruto de energia” (Meta para 2030 estipulada pelo PNEC2030)</i>

<i>Descarbonização da economia</i>	<i>17 - “Tendo como referência o nível das emissões de GEE de 2005, é atingida uma redução de 55%” (Meta criada pelo PNEC2030 para 2030)</i>
	<i>18 - “Tendo como referência o nível das emissões de GEE de 2005, é atingida uma redução de 90%” (Meta criada pelo RNC2050 para 2050)</i>
	<i>19 - “As importações de petróleo bruto não ultrapassam os 5 000 000 de toneladas” (cerca de metade do importado atualmente)</i>

Tabela 2: Afirmações apresentadas aos inquiridos do Método Delphi

4.1 Análise dos resultados do primeiro conjunto de questões

Com as respostas recebidas dos especialistas começou-se por analisar quais as afirmações que foram definidas como as mais importantes por estes.

“As energias renováveis representam 47% do consumo final bruto de energia” (Meta para 2030 estipulada pelo PNEC2030)

A afirmação que apresenta maior importância é a que indica que 47% do consumo final bruto de energia provém de energias renováveis, o que é coerente com as metas definidas no PNEC2030 e possibilitará uma redução grande no custo final da produção de energia elétrica, e por sua vez, na produção de hidrogénio verde. É também de consenso comum que Portugal se apresenta como um país líder na área de capacidade instalada de renováveis, com apenas dois inquiridos afirmando que se encontra numa fase tardia, sendo que apenas um desses dois é especializado na área.

Quanto às principais oportunidades para o país encontra-se a redução de emissões de CO₂ na produção de energia elétrica e a diminuição de importações de energias fósseis, seguidas da diminuição das emissões no setor dos transportes, dado o aumento da eletrificação do mesmo. A opinião geral sobre as barreiras relativas à questão apresentou uma maior dispersão, onde a principal barreira é a falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio, seguida da falta de um mercado de hidrogénio desenvolvido, conseguindo-se assim

concluir que esta tecnologia se tornará fulcral como complemento das energias renováveis. Outra barreira que apresenta algum consenso é a falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis, o que poderá significar que estes apoios poderiam ser direcionados não só ao consumo final de energia, como também ao consumo primário, assim como à substituição de fontes renováveis obsoletas por novas, mais eficientes. Esta última barreira vai de encontro às principais ações a tomar, onde houve um foco quanto à promoção e incentivo de criação de mais parques renováveis, assim como a aplicação de impostos mais altos sobre a energia importada não proveniente de fontes renováveis. Outras duas medidas de ação algo consagradas foram a promoção da criação de parcerias entre atores públicos e privados e incentivos no que toca à compra e venda de hidrogénio verde, permitindo uma transição mais rápida por parte dos produtores e consumidores de hidrogénio.

“Tendo como referência o nível das emissões de GEE de 2005, é atingida uma redução de 55%/90%” (Meta criada pelo PNEC2030/RNC2050 para 2030/2050)

As afirmações sobre a redução do nível de emissões de GEE também se revelaram muito importantes, tanto a meta a cumprir até 2030 de uma redução de 55%, como a de redução de 90% até 2050. A opinião geral para a meta de 2030 é que Portugal se encontra entre os líderes, no entanto o panorama muda quando se trata da meta para 2050, onde este não se encontra nos líderes, mas também não está em fase tardia. As principais oportunidades também se tornaram claras, sendo elas a redução de emissões na produção de energia elétrica e no setor dos transportes, seguidas da redução de emissões na área do aquecimento e arrefecimento, englobando esta área tanto o setor dos edifícios e dos serviços, como o setor da indústria. A última oportunidade interessante para Portugal é a criação de parcerias estratégicas entre empresas ou países quanto a projetos de hidrogénio.

As barreiras encontram-se mais uma vez dispersas, sendo semelhantes às da afirmação anterior, dado que ambas têm como principal finalidade a descarbonização

da economia. As medidas de ação são também semelhantes às da afirmação anterior, mas desta vez com a promoção de projetos em I&D relacionados com o hidrogénio verde a ganhar uma maior expressão.

“O hidrogénio verde atinge um valor de mercado que o torna suficientemente competitivo em Portugal (valor entre 1 e 2€/kg H₂) (Previsto para 2035-2040 segundo o Roteiro e plano de ação para o Hidrogénio)”

Quanto à produção de hidrogénio verde a afirmação que revelou maior importância foi a que alega que o hidrogénio verde atinge um valor suficientemente competitivo (valor entre 1 e 2€/kg H₂), acabando por gerar alguma discordância quanto ao horizonte temporal em que a mesma se realizaria. A maioria concordou que Portugal não é um país líder na matéria, mas que também não se encontra atrasado e as principais oportunidades para o país seriam a diminuição das importações de energias fósseis, reduzindo também a dependência energética exterior e aumentando a segurança energética. Há também um grande potencial para parcerias estratégicas entre empresas/países, como o caso do projeto de Sines já referido, e o aumento da I&D em Portugal, assim como o aumento da resiliência da rede energética portuguesa, com um novo combustível disponível para consumo.

As principais barreiras neste caso são as mais previsíveis, sendo a principal a falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio, seguida da falta de um mercado de hidrogénio desenvolvido e o facto dos eletrolisadores ainda apresentarem um nível de maturidade tecnológica (TRL) baixo, tornando-os caros e pouco eficientes. Quanto às principais ações a tomar houve um consenso quanto à promoção e incentivo de projetos de investigação e desenvolvimento na área de hidrogénio, seguido de incentivos à compra e venda de hidrogénio verde.

“Portugal posiciona-se como um dos países mais atrativos da Europa no que toca a I&D no ecossistema do Hidrogénio, atraindo investigadores estrangeiros para projetos de hidrogénio verde portugueses”

Por fim outra questão que se revelou muito importante é a de posicionamento de Portugal num dos países mais atrativos da Europa no que toca à I&D no ecossistema do hidrogénio, revelando os especialistas que esta não é uma área onde o país é líder, no entanto não se encontra numa fase tardia. Quanto ao horizonte temporal em que a afirmação se verificará conseguiu-se dividir a opinião dos especialistas, onde três afirmam que esta nunca acontecerá, e, apresentando uma maioria, cinco afirmam que será possível entre 2030 e 2035.

Quanto às maiores oportunidades houve um consenso no que toca a parcerias estratégicas relativas a projetos de hidrogénio, dado ser uma área ainda pouco desenvolvida, e o aumento da I&D portuguesa, investimento produtivo e emprego qualificado. As principais barreiras são iguais às da afirmação anterior. Orientadas com as principais oportunidades as medidas de ação a tomar concentraram-se entre a promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio e a promoção e incentivo da produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados, de modo a explorar diferentes alternativas tecnológicas que melhor se adequem à sua finalidade. Houve também uma grande expressão quanto aos incentivos à criação de mais propriedade industrial e facilitamento de processos de licenciamento, para que haja uma maior motivação por parte das empresas e associações quanto ao investimento em I&D e também quanto à criação de parcerias entre atores públicos e privados, de modo a dividirem os riscos e os custos dessa investigação. Esta afirmação também permitiu perceber a importância do Laboratório Colaborativo (CoLab) que se projeta, permitindo a colaboração de investigadores portugueses em projetos nacionais e internacionais.

Após esta primeira análise foi feita outra, mas desta vez com intuito de analisar relações entre as oportunidades e barreiras nas sete áreas de estudo evidenciadas neste trabalho. Foi possível observar as seguintes reflexões:

- A oportunidade mais valorizada em todas as áreas foi a criação de parcerias estratégicas entre empresas e países quanto a projetos de hidrogénio;

- Das três áreas principais onde se pretende integrar o hidrogénio (aquecimento e arrefecimento, produção de energia elétrica e transportes) o que apresenta maior oportunidade de redução de emissões de CO₂ é o setor da produção de energia elétrica, seguido do setor dos transportes;

- O aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado apresenta maior relevância no setor da mobilidade, aquecimento e arrefecimento e na produção de hidrogénio verde;

- O aumento da resiliência e flexibilidade da rede energética portuguesa e o reforço das fontes renováveis foi mais valorizada na área do aquecimento e arrefecimento e na produção de hidrogénio;

- As oportunidades menos valorizadas pelos inquiridos para Portugal são o maior reaproveitamento de águas residuais tratadas para a produção de hidrogénio, o aumento das exportações de energias renováveis, sendo esta oportunidade um pouco relevante quanto a exportações de hidrogénio verde a preço competitivo (escolhida por 5 inquiridos);

- As principais barreiras em todas as áreas são a falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio; a baixa eficiência e maturidade tecnológica (TRL) dos eletrolisadores produzidos atualmente, assim como o seu custo elevado; a falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio; e por fim a falta de um mercado de hidrogénio desenvolvido. Todos estes fatores contribuem para uma produção de hidrogénio verde mais onerosa;

- A barreira da falta de apoios ao investimento no reforço das fontes energéticas renováveis só se apresenta expressiva quanto às metas de descarbonização e à meta de energias renováveis, podendo indicar que as ajudas existentes não são suficientes ou não se encontram bem aplicadas;

- Uma última barreira importante referida por alguns dos inquiridos, mas que não se encontrava nas opções de escolha é o custo do acesso à rede de energia elétrica. É algo sempre necessário quando se criam projetos piloto na área da produção de hidrogénio verde, onde as energias renováveis utilizadas para alimentar os eletrolisadores não são dedicadas a 100% a esses projetos, tendo por isso de estar conectadas à rede energética. É também uma barreira ao reforço das energias renováveis, apresentando-se este acesso dispendioso para os produtores, no entanto este reforço torna a rede mais difícil de gerir;

Quanto às principais medidas de ação conseguiu-se observar o seguinte:

- A medida de taxar as importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável, apresentou uma grande expressão no que toca às áreas que mais utilizam combustíveis fósseis (área da mobilidade, aquecimento e arrefecimento e produção de energia elétrica), assim como no reforço das energias renováveis e na diminuição da importação de petróleo bruto;

- Quanto aos incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde os inquiridos manifestaram respostas interessantes. Quanto aos statements que afirmam que 30% e 50% do hidrogénio produzido em Portugal será através da eletrólise esperava-se que estes favorecessem este tipo de incentivos, no entanto ocorreu precisamente o contrário. Apenas 5 inquiridos escolheram esta opção, dos quais 2 são especializados na área (de um total de 6 para esta pergunta), estando os outros familiarizados com a área. Isto poderá significar que a curto prazo é mais importante existir um foco em melhorar os eletrolisadores (sendo o baixo nível de maturidade tecnológica a segunda maior barreira escolhida pelos inquiridos), de modo que se tornem mais eficientes e menos dispendiosos, pois nem todo o hidrogénio produzido através da eletrólise é considerado verde - este depende do tipo de energia fornecida

aos eletrolisadores. Só após o desenvolvimento de eletrolisadores mais baratos e eficientes é que se pode então começar a produzir hidrogénio verde com um custo mais competitivo. É também de relevar que a criação de um mercado de hidrogénio se apresentou como uma das principais barreiras para estas questões, isto revela, mais uma vez, a urgência de se começar a trocar hidrogénio, para que possíveis consumidores comecem já a adaptar os seus sistemas ou processos atuais a este gás;

- A promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos) apresentou um grande destaque quanto ao reforço das energias renováveis e na descarbonização da economia;

- A promoção e incentivo da produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados, assim como a promoção da criação de parcerias entre atores públicos ou privados foram das medidas mais importantes em todas as áreas de estudo, indo de acordo com os objetivos do EN-H2;

- Quanto à correlação entre as principais oportunidades para Portugal e as principais ações a tomar no que toca à investigação e desenvolvimento, na área da descarbonização consegue-se observar um fenómeno interessante. Não é verificada como oportunidade relevante o aumento da ID&I, no entanto quando questionados sobre quais as ações principais a tomar esta apresenta valores consideráveis quando essa investigação é direcionada para a área do hidrogénio. Esta medida apresenta uma grande expressão no que toca à área do aquecimento e arrefecimento, produção de hidrogénio verde e produção de energia elétrica a partir de hidrogénio;

4.2 Análise dos resultados do segundo conjunto de questões

O segundo conjunto de questões do método Delphi focou-se nos horizontes temporais escolhidos pelos inquiridos e foram interrogados apenas os respondentes cujas respostas foram mais dispares. A estes foram dadas duas opções: Poderiam mudar a sua opinião quanto aos horizontes temporais escolhidos para os statements do primeiro conjunto de questões; ou caso quisessem manter a sua resposta teriam de a

justificar, indicando as suas motivações e fatores de interesse. Foram questionados 12 especialistas dos 17 iniciais e responderam 10. Alguns dos inquiridos, quando questionados sobre muitos statements, apresentaram apenas uma resposta tentando resumir as suas opiniões, por isso algumas das conclusões não foram retiradas de afirmações específicas, mas sim do panorama geral apresentado por estes.

Começando por apresentar as opiniões mais gerais, é relevante referir que nenhum é contra projetos de hidrogénio, o problema dado por um dos especialistas é a sua escala. Este tem a opinião de que o hidrogénio deve ser explorado, mas apenas para projetos com aplicações específicas, de pequena escala, deixando que o gás natural fique encarregue da área dos transportes e fazendo usufruto do investimento já executado nas redes de gás natural. Algo não referido por este foi a redução das emissões GEE, que ao converter a frota de veículos pesados e ligeiros para gás natural faria com que diminuíssem drasticamente, no entanto, e apesar de se poupar na fatura petrolífera, não seria possível descarbonizar a economia a longo prazo e a fatura petrolífera continuaria dependente do consumo de gás natural.

Outro especialista com opiniões mais divergentes referiu que outra tecnologia poderá revolucionar o sistema energético, a fusão nuclear, indicando também que se prevê que em 2050 se criem os primeiros projetos piloto, de modo a testar esta tecnologia, livre de emissões. O problema principal desta é o seu futuro mais distante de concretização, sendo necessário começar a atuar já. Outros dois pontos importantes referidos por este foram: o facto das taxas de carbono apenas se aplicarem na União Europeia, resultando numa desvantagem competitiva desta em relação a outras potências que não têm qualquer regulação de emissões, nem tarifas sobre estas; E a possível introdução do CBAM por parte da União Europeia - Carbon Border Adjustment Mechanism - que pretende aplicar uma taxa alfandegária a todas as mercadorias a importar cujos países provenientes não apliquem uma taxa de carbono. Em relação às taxas de carbono é também importante referir que já se fazem estudos para a criação de um novo crédito, o crédito de hidrogénio. Este pode-se converter em créditos de carbono e é mais uma medida política para tentar incentivar a descarbonização. A sua lógica principal é a análise de quanto carbono não se emitiu devido à utilização de

hidrogénio verde como combustível, incentivando a substituição de combustíveis fósseis (Dong, 2021).

Avançando para os horizontes temporais nas diferentes áreas, na área do aquecimento e arrefecimento conseguimos observar que as metas criadas (injeção de 5% de hidrogénio verde nas redes de gás natural até 2025 e de 15% até 2030) estão em conformidade com a maioria das opiniões dos inquiridos, ganhando ímpeto o facto das redes de gás natural poderem ser reutilizadas para a inclusão de hidrogénio.

Na área dos transportes houve uma maior dispersão nos horizontes temporais: O consumo de 5% de hidrogénio verde por parte dos transportes rodoviários parece estar entre 2024 e 2035, não menosprezando a opinião de 2 especialistas em 6, nesta questão, que indicaram o intervalo de 2040-2045, onde um deles argumenta que existirá uma supremacia de veículos elétricos, com baterias mais eficientes do que as pilhas de combustível utilizadas nestes transportes. O último especialista acredita que este statement nunca se irá verificar. As 50 estações de hidrogénio também se encontrarão em funcionamento entre 2026 e 2040, segundo a opinião da maioria dos inquiridos, havendo uma maioria de especialistas a indicar o intervalo de tempo de 2035 a 2040. O horizonte temporal para a incorporação de 45% de hidrogénio verde e azul nestes postos de abastecimento aparenta ser o mesmo que o da questão anterior apresentando umas pequenas nuances. Estas nuances terão a ver com as diferentes opiniões de quando será adotada a produção de hidrogénio verde em maior escala, pois estes postos podem também fornecer hidrogénio cinzento, daí a opinião de 2 especialistas ser mais longínqua da maioria.

Quanto à área da produção de hidrogénio, existiu um otimismo por parte dos inquiridos quanto à produção de hidrogénio verde ultrapassar a de hidrogénio azul, isto poderá significar uma maior adesão quanto aos meios de produção de hidrogénio verde, relativamente aos de hidrogénio azul; no entanto quando se fala numa maior produção de hidrogénio verde em relação a hidrogénio cinzento existe uma grande dispersão de opiniões. Segundo o Roteiro e Plano de Ação para o Hidrogénio é expectável que em 2044 a produção de H₂ verde comece a ultrapassar a de H₂ cinzento, no entanto, e apesar das opiniões dispersas, é apresentado um otimismo por parte da maioria

inquiridos e dos especialistas, existindo 8 inquiridos que acreditam conseguir-se atingir esta meta antes de 2040. Algumas das justificações para este otimismo foram o facto de Portugal consumir pouco hidrogénio cinzento quando comparado a outros países europeus e o facto dos planos nacionais não contemplarem projetos para uma maior produção de hidrogénio cinzento.

Quanto ao hidrogénio tomar um valor de mercado competitivo é interessante observar como existe muita dispersão nas respostas, sendo o intervalo de 2040 a 2045 escolhido pelo maior número de inquiridos, distanciando-se no máximo em 5 anos da meta criada pelo Roteiro e plano de ação para o hidrogénio. Uma das justificações dadas para o otimismo nesta questão foi o facto dos preços de hidrogénio cinzento terem aumentado excessivamente no início de 2020, assim como o custo das licenças de CO₂, impulsionando a produção de H₂ verde. Foi também levado a cabo um projeto de produção de hidrogénio verde para a área naval, em Sicília, com o intuito de observar qual o regime de funcionamento ótimo de toda a infraestrutura (composta por um parque eólico offshore, uma unidade de tratamento de água salgada, um eletrolisador e uma unidade de armazenamento de hidrogénio) para se calcular qual o tempo mínimo de payback do investimento efetuado. Este projeto atingiu valores no intervalo dos 5€/kg e os 7€/kg de hidrogénio, variando tempo de retorno do investimento entre os 15 e os 9 anos (Bonacina, 2021).;

Os 2 GW de capacidade instalada apresentaram a maioria das respostas dentro do horizonte temporal esperado, revelando também um otimismo para este cenário da EN-H2 (EN-H2 BAIXO), no entanto existem também críticas no que toca ao tempo de licenciamento de instalações de produção de H₂ verde, o que abranda o seu ritmo de desenvolvimento. O mesmo é possível verificar quanto à meta de 30% e 50% do hidrogénio produzido em Portugal ser por via da eletrólise da água;

Na área da produção de energia elétrica quanto à integração de 5% de hidrogénio nas centrais termoelétricas, em Portugal, a maioria dos inquiridos perspetiva que até 2030 este objetivo será alcançado, com quase metade dos inquiridos a indicar o intervalo de 2024 a 2026 como aquele em que se verificará a afirmação; quanto à integração de 15% de hidrogénio já existiu uma maior dispersão nas respostas, com uma

maioria a indicar um horizonte temporal até 2035. Nesta afirmação foi também maior o número de inquiridos que escolheu uma opção um pouco mais afastada do tempo previsto de concretização da meta, que neste caso é 2030, escolhendo o horizonte temporal de 2035 a 2040, estando estas opiniões associadas a: incertezas quanto à capacidade de eletrolisadores instalados até à data, que consequentemente impactará o preço de H₂ praticado; será necessário fazer uma adequação das centrais termoelétricas à utilização de H₂ ou uma redução de potência das mesmas, dada a maior significância das energias renováveis.

Quanto ao consumo final bruto de energia ser representado por 47% de energias renováveis observa-se que a maioria dos inquiridos acredita ser possível até 2030, o que coincide com a meta indicada no PNEC2030 e realça o facto dos inquiridos acreditarem que Portugal é um país líder na área das renováveis. Esta foi a questão com maior consenso.

Por fim na área de descarbonização da economia, e no que toca à redução de gases GEE de 55%, relativamente a valores de 2005, os resultados são positivos, com a maioria dos inquiridos a indicar que a meta se cumprirá até 2035. Quanto à meta de redução de 90% destes gases o resultado torna-se um pouco incerto, isto porque a última opção que os inquiridos poderiam escolher (excluindo a opção "Nunca") foi "Depois de 2050", que neste caso foi a mais escolhida. Este resultado torna-se de difícil interpretação, pois não é perceptível o quão perto de 2050 se perspetiva o cumprimento da meta. É também de relevar que existem 3 inquiridos que acreditam não ser possível chegar a tal nível de redução de gases GEE, no entanto nenhum deles é especialista na área, mas apresentam conhecimento na mesma. Apesar disso também existiram algumas respostas otimistas, justificadas pelas crescentes pressões regulatórias e compromissos de sustentabilidade cada vez mais ambiciosos. A última questão, sobre as importações de petróleo bruto, foi uma das que apresentou maior dispersão de respostas em todo o questionário, até entre os especialistas, sendo também uma das questões mais importantes.

5. CONCLUSÕES

O hidrogénio verde apresenta um grande potencial no que toca à descarbonização da economia nacional, no entanto existem ainda muitos desafios a ser ultrapassados. Assim como este trabalho, estão a ser produzidos outros na área de prospetiva tecnológica, para tentar entender as dificuldades da produção e utilização do hidrogénio verde nos diferentes setores, e tentar criar roadmaps tecnológicos, de modo a tornar o plano de ação claro e realizável, tentando eliminar ao máximo possíveis incertezas. Exemplos disso são trabalhos como os de Yanfei Li, Xunpeng Shi e Han Phoumin que também recorreram a um método Delphi sobre a produção de hidrogénio verde e criaram um roadmap tecnológico para o contexto da China. Apesar dos diferentes contextos existe uma similaridade de resultados: É necessário fomentar a I&D e a criação de projetos piloto, com intuito de testar a maior diversidade de tecnologias possível, para que se opte pela mais custo-eficiente; a criação de um quadro regulamentar com o objetivo de tornar as aplicações de hidrogénio seguras; a criação da infraestrutura necessária e competente para uma adoção facilitada deste; e criar um quadro político que promova não só a produção e utilização de hidrogénio verde, como um interesse em soluções sustentáveis em todas as áreas. Com a maior alteração das condições climáticas algumas adversidades não muito valorizadas no passado começam a apresentar um grande impacto, como é o caso das secas cada vez mais severas. Esta nova realidade faz com que, para a produção de hidrogénio verde tenham de ser utilizadas águas não tratadas, obrigando a um maior investimento para a criação de novas tecnologias de tratamento destas.

O hidrogénio verde revelou também ser uma solução bem aceite pelos especialistas, indicando intervalos temporais próximos dos esperados (com maiores exceções na área dos transportes), o que é um sinal positivo para uma tecnologia emergente, apesar do seu caráter mais disruptivo em determinadas áreas e o nível de maturidade tecnológica apresentada pelos eletrolisadores. Este trabalho permitiu por isso perceber que existem poucas alternativas ou nenhuma que podem funcionar tão bem como o hidrogénio e para trabalhos futuros seria interessante criar um roadmap tecnológico mais detalhado dos resultados obtidos neste.

REFERÊNCIAS

- APA (2012). Roteiro Nacional de Baixo Carbono Análise Técnica das Opções de Transição para uma Economia de Baixo Carbono Competitiva em 2050. Agência Portuguesa do Ambiente. Disponível em: https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Mitiga%C3%A7%C3%A3o/RNBC/RNBC_COMPLETO_2050_V04.pdf [Acesso em: 2021/10/3]
- APA (2019). Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050). Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RNC2050_PT-22-09-2019.pdf [Acesso em: 2021/10/2]
- Bárbara Silva (2020). Do cinzento ao verde, passando pelo azul. Porque tem o hidrogénio tantas cores? Disponível em: <https://eco.sapo.pt/2020/07/30/do-cinzento-ao-verde-passando-pelo-azul-porque-tem-o-hidrogenio-tantas-cores/> [Acesso em: 2021/10/10]
- Bonacina C, Gaskare N, Valenti G (2021). Assessment of offshore liquid hydrogen production from wind power for ship refueling. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.043> [Acesso em: 2021/10/10]
- CQNUAC (2008). KYOTO PROTOCOL REFERENCE MANUAL ON ACCOUNTING OF EMISSIONS AND ASSIGNED AMOUNT. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf [Acesso em: 2021/10/10]
- DGEG (2018). Economia do Hidrogénio. Direção-Geral de Energia e Geologia, Lisboa. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/hidrogenio/economia-do-hidrogenio/> [Acesso em: 2021/10/10]
- DGEG (2018). O Hidrogénio no Sistema Energético Português: Desafios de integração. Direção-Geral de Energia e Geologia, Lisboa. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/media/3eshwqnl/p1-o-hidrog%C3%A9nio-no-sistema-energ%C3%A9tico-portugu%C3%AAs.pdf> [Acesso em: 2021/10/10]
- DGEG (2019). Integração do Hidrogénio nas cadeias de valor – Sistemas energéticos integrados, mais limpos e inteligentes. Direção-Geral de Energia e Geologia, Lisboa. Disponível em:

<https://www.dgeg.gov.pt/media/1snnvdag/p2-integra%C3%A7%C3%A3o-do-hidrog%C3%A9nio-nas-cadeias-de-valor-sistemas-energ%C3%A9ticos-integrados-mais-limpos-e-inteligentes.pdf> [Acesso em: 2021/10/10]

DGEG (2020). Roteiro e Plano de Ação para o Hidrogénio em Portugal. Direção-Geral de Energia e Geologia, Lisboa. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/media/d14dduhz/p3-roteiro-e-plano-de-a%C3%A7%C3%A3o-para-o-hidrog%C3%A9nio-em-portugal.pdf> [Acesso em: 2021/10/10]

DGEG (2020). Balanço Energético 2019. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/media/fpnkfdva/dgeg-ben-2019.pdf> [Acesso em: 2021/10/10]

DGEG (2021). Estatísticas rápidas das renováveis. Direção-Geral de Energia e Geologia, Lisboa. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/media/koyf3cvm/dgeg-arr-2021-07.pdf> [Acesso em: 2021/10/10]

Dong Z, Yang J, Yu L, Daiyan R, Amal R (2021). A green hydrogen credit framework for international green hydrogen trading towards a carbon neutral future. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.084> [Acesso em: 2021/10/13]

Giglio E, Lanzini A, Santarelli M, Leone P (2015). Synthetic natural gas via integrated high-temperature electrolysis and methanation: part I—Energy performance. *Journal of Energy Storage*, 1, 22-37.

Giglio E, Lanzini A, Santarelli M, Leone P (2015a). Synthetic natural gas via integrated high-temperature electrolysis and methanation: part II—Economic analysis. *Journal of Energy Storage*, 2, 64-79.

Kenton W (2021). What Is a Feed-In Tariff (FIT)? Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/f/feed-in-tariff.asp> [Acesso em: 2021/10/8]

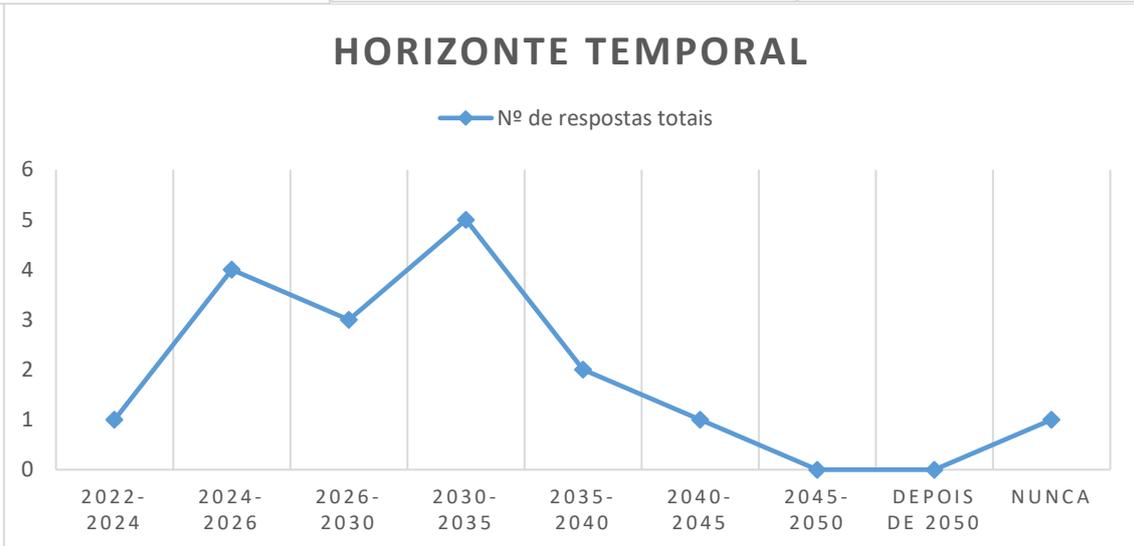
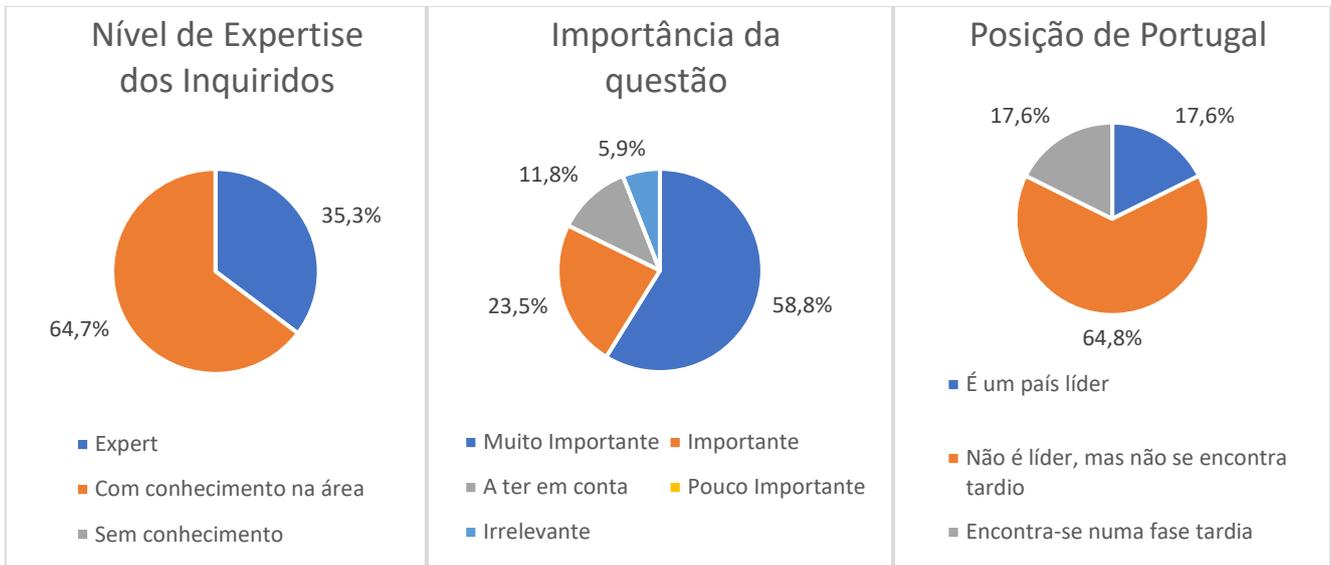
Li Y, Shi X, Phoumin H (2021). A strategic roadmap for large-scale green hydrogen demonstration and commercialisation in China: A review and survey analysis. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.077> [Acesso em: 2021/10/13]

- Papadias D, Peng J, Ahluwalia R (2021). Hydrogen carriers: Production, transmission, decomposition, and storage. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.05.002> [Acesso em: 2021/10/2]
- Presidência do Conselho de Ministros (2019). Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC2030). Disponível em: <https://bcsdportugal.org/wp-content/uploads/2020/12/PNEC-2030-Plano-Nacional-Energia-e-Clima.pdf> [Acesso em: 2021/10/3]
- Presidência do Conselho de Ministros (2020). Resolução do Conselho de Ministros n.º 63/2020; Estratégia Nacional para o Hidrogénio (EN-H2). Disponível em: <https://dre.pt/home/-/dre/140346286/details/maximized> [Acesso em: 2021/10/3]
- Res Legal (2018). Feed-in tariff (Tarifas feed-in). Disponível em: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/portugal/single/s/res-e/t/promotion/aid/feed-in-tariff-tarifas-feed-in/lastp/179/> [Acesso em: 2021/10/2]
- Smink V (2021). Hidrogénio verde: os 6 países que lideram a produção do 'combustível do futuro'. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-56604972> [Acesso em: 2021/10/2]
- Statista (2018). Gross domestic expenditure on research and development (GERD) as a percentage of GDP in selected European countries in 2018. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/420958/gerd-as-a-share-of-gdp-in-europe/> [Acesso em: 2021/10/13]
- United Nations (2016). The Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Disponível em: https://unfccc.int/files/paris_agreement/application/pdf/parisagreement_publication.pdf [Acesso em: 2021/10/2]
- Uysal S, Kaya M, Demir N, Hüner B, Özcan R, Erdem Ö, Yilmaz M (2021). Investigation of hydrogen production potential from different natural water sources in Turkey. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353580521_Investigation_of_hydrogen_production_potential_from_different_natural_water_sources_in_Turkey [Acesso em: 2021/10/2]

World Meteorological Organization (WMO) (2021). State of the Global Climate 2020. Disponível em: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21880#.YH2kGuhKjIV
[Acesso em: 2021/10/1]

ANEXOS

1 - “O hidrogénio verde é considerado a fonte de energia mais limpa para o armazenamento de energia renovável em Portugal, quando comparado a outras tecnologias, como por exemplo a baterias estacionárias de larga escala ou a biocombustíveis.”



Principais oportunidades para Portugal

Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	52,9%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	52,9%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	47,1%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	35,3%
Diminuição das importações de energias fósseis	29,4%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	29,4%
Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	11,8%

Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	5,9%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

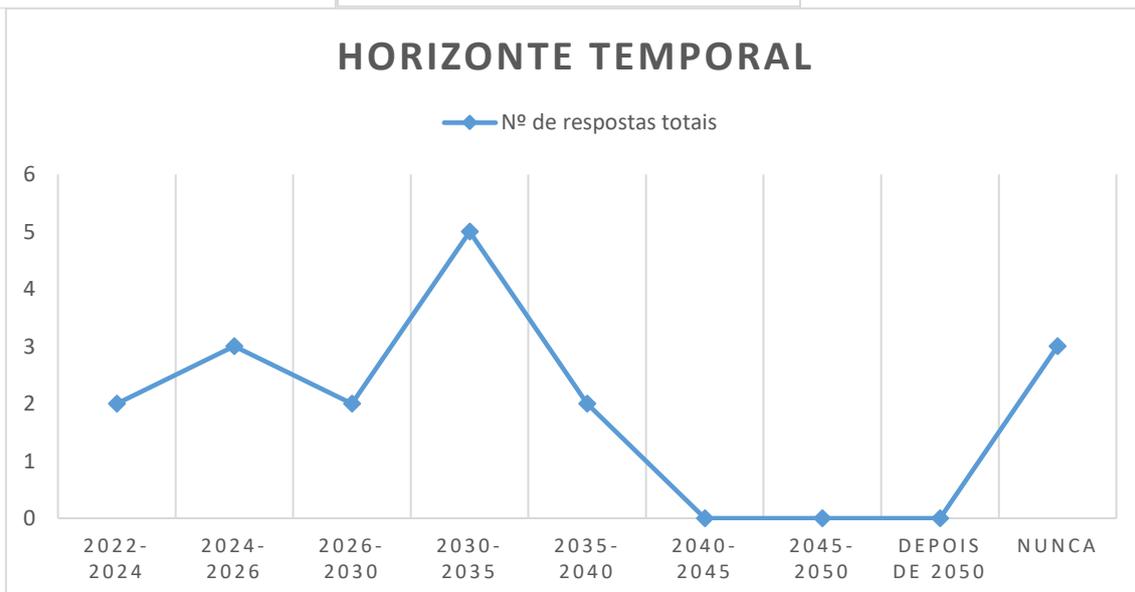
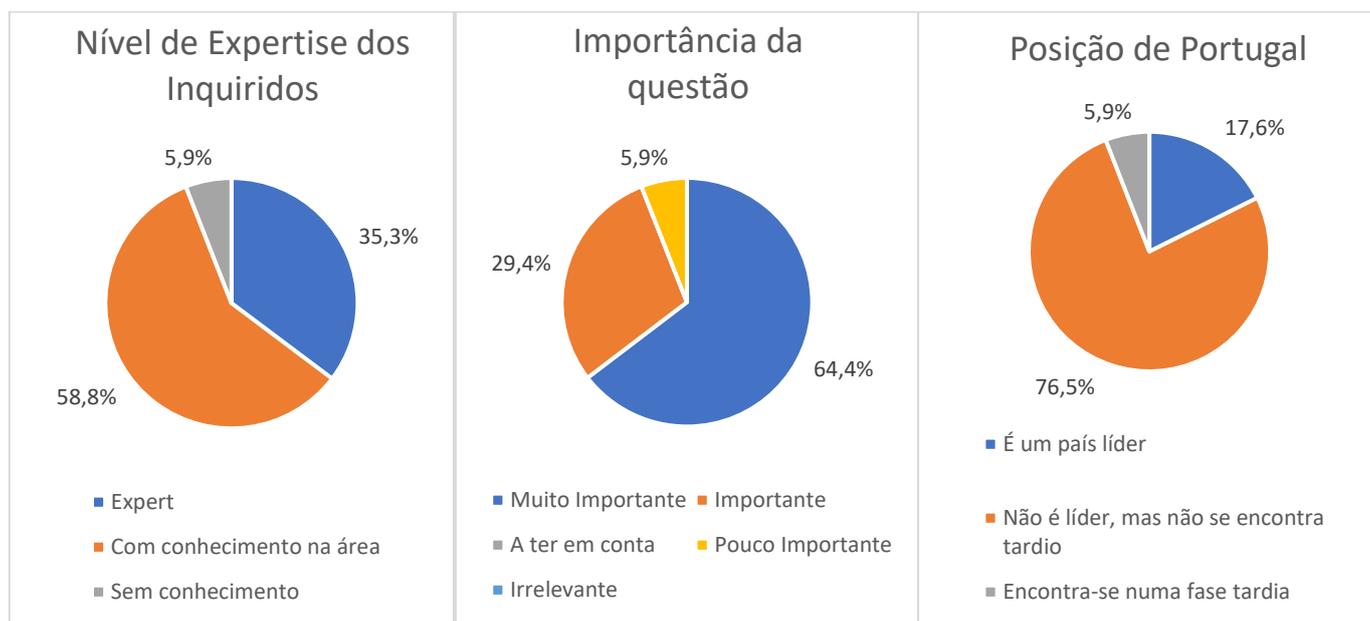
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	70,6%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	64,7%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	52,9%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	23,5%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	17,6%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	17,6%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	11,8%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	5,9%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	5,9%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	0%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	0%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	64,7%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	52,9%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	41,2%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	29,4%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	29,4%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	17,6%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	17,6%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	11,8%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	11,8%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	0%

2 - “Portugal posiciona-se como um dos países mais atrativos da Europa no que toca a I&D no ecossistema do Hidrogénio, atraindo investigadores estrangeiros para projetos de hidrogénio verde portugueses”



Principais oportunidades para Portugal

Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	82,4%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	70,6%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	41,2%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	29,4%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	23,5%
Diminuição das importações de energias fósseis	17,6%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	5,9%

Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	5,9%
Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	0%

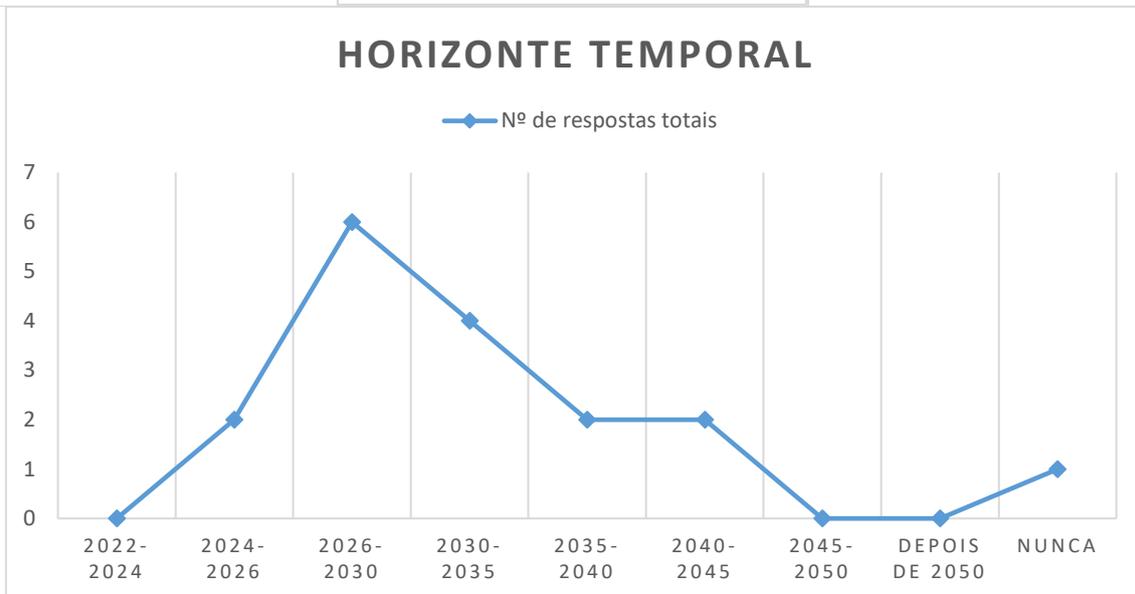
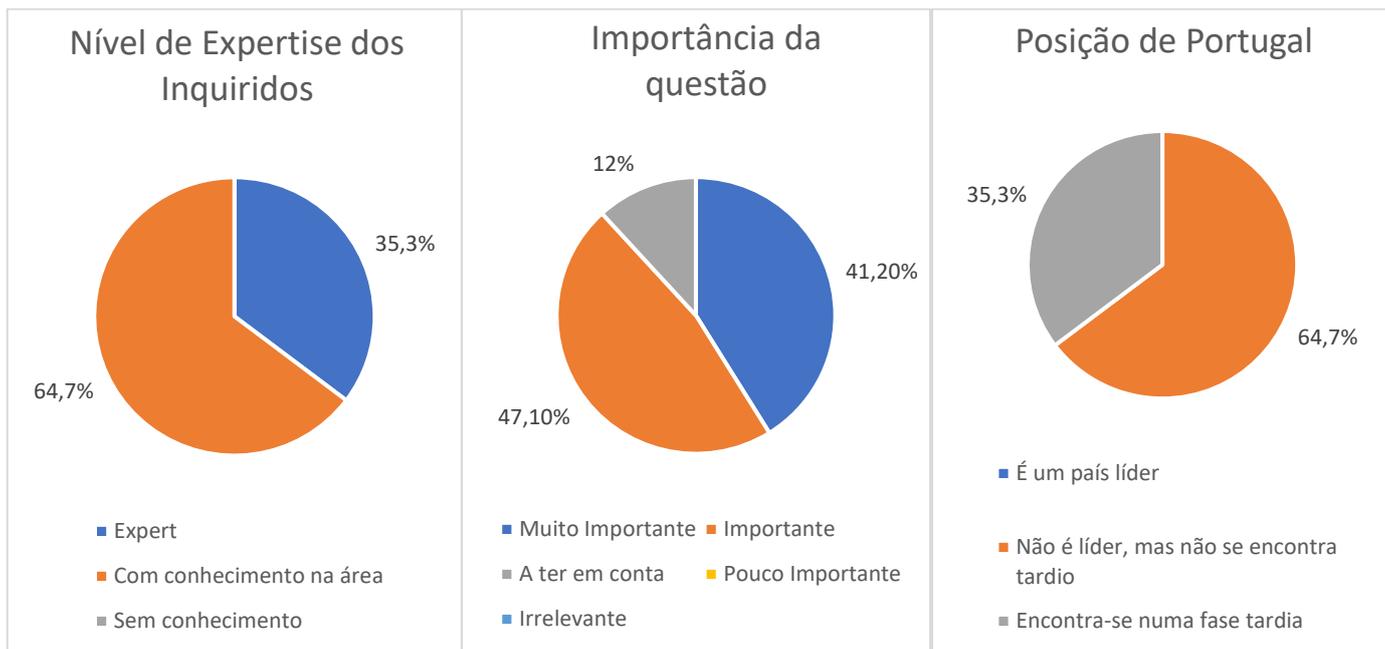
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	47,1%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	47,1%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	41,2%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	35,3%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	29,4%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	23,5%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	23,5%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	11,8%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	11,8%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	5,9%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	76,5%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	52,9%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	47,1%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	47,1%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	35,3%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	17,6%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	5,9%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	5,9%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	0%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	0%

3 - “Os transportes rodoviários consomem 5 % de hidrogénio verde” (Meta para 2030 do EN-H2)



Principais oportunidades para Portugal

Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	88,2%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	58,8%
Diminuição das importações de energias fósseis	52,9%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	47,1%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	29,4%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	5,9%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	0%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	0%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

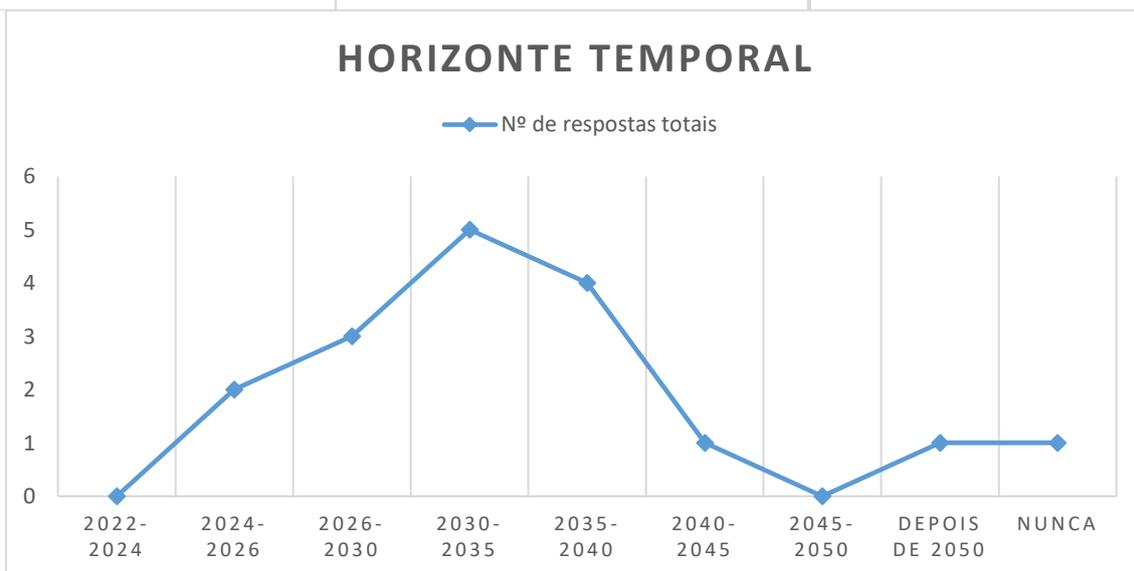
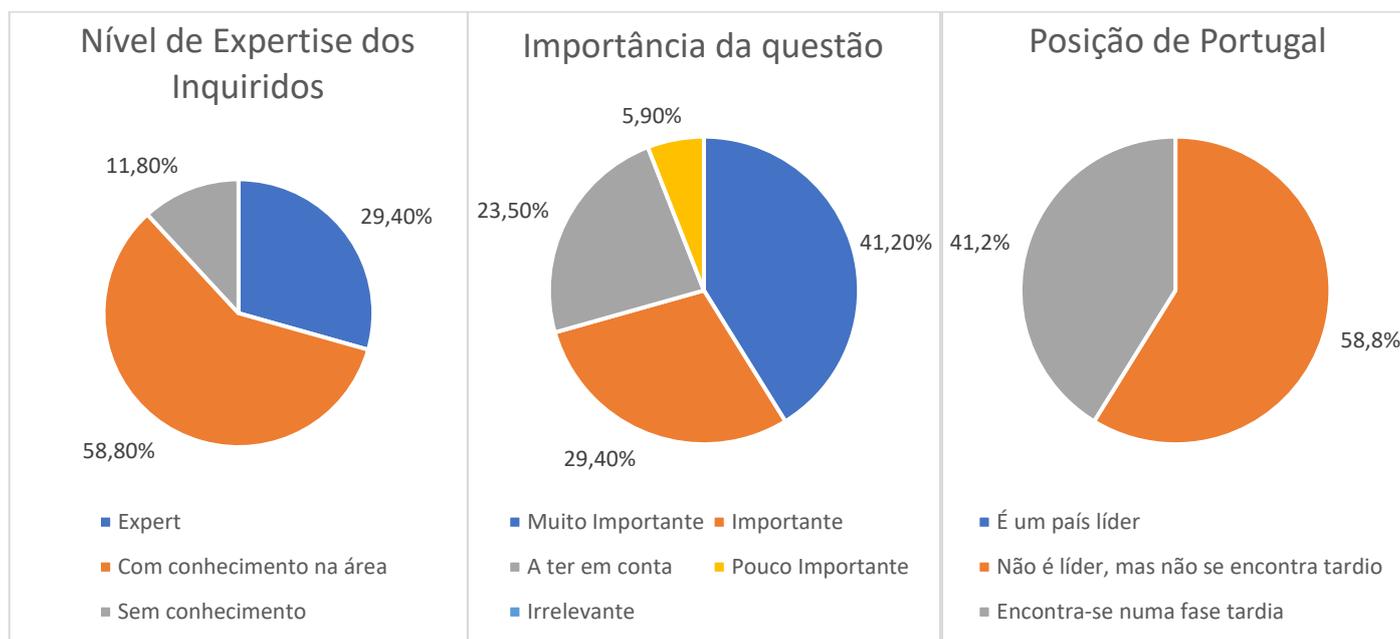
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	88,2%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	52,9%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	47,1%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	41,2%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	17,6%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	11,8%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	5,9%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	5,9%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	0%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	0%

Principais ações a tomar

Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	52,9%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	41,2%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	41,2%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	41,2%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	41,2%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	35,3%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	11,8%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	11,8%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	5,9%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	0%

4 - “Os postos de abastecimento de hidrogénio para consumo de energia final no setor dos transportes atingem 45% do seu hidrogénio de cor verde e azul”



Principais oportunidades para Portugal

Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	82,4%
Diminuição das importações de energias fósseis	64,7%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	52,9%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	41,2%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	23,5%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	5,9%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	5,9%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	0%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

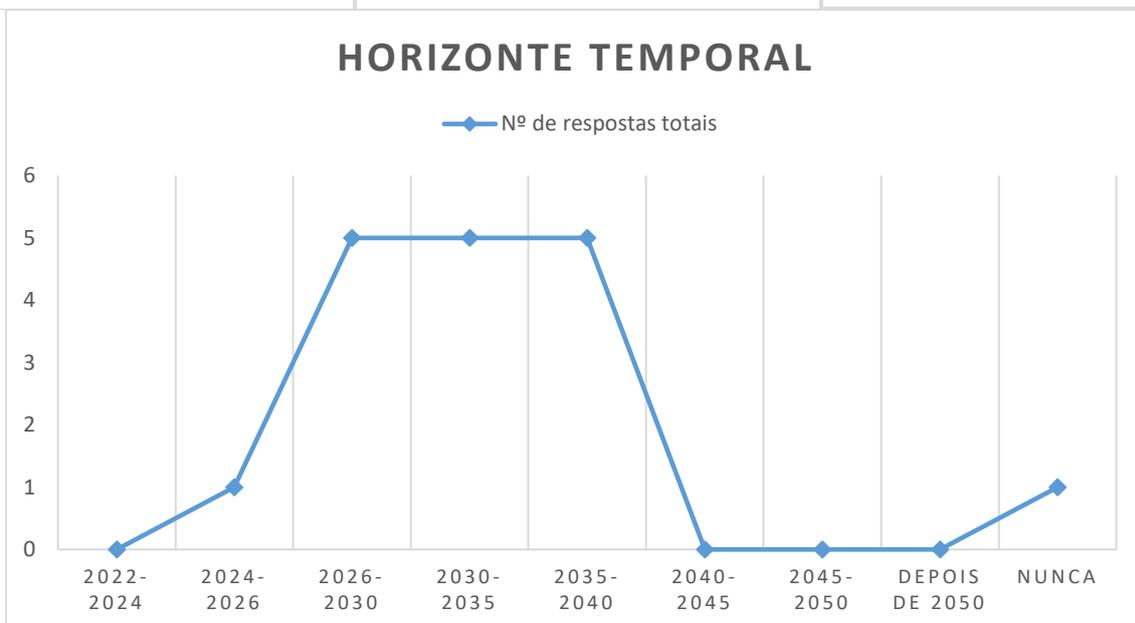
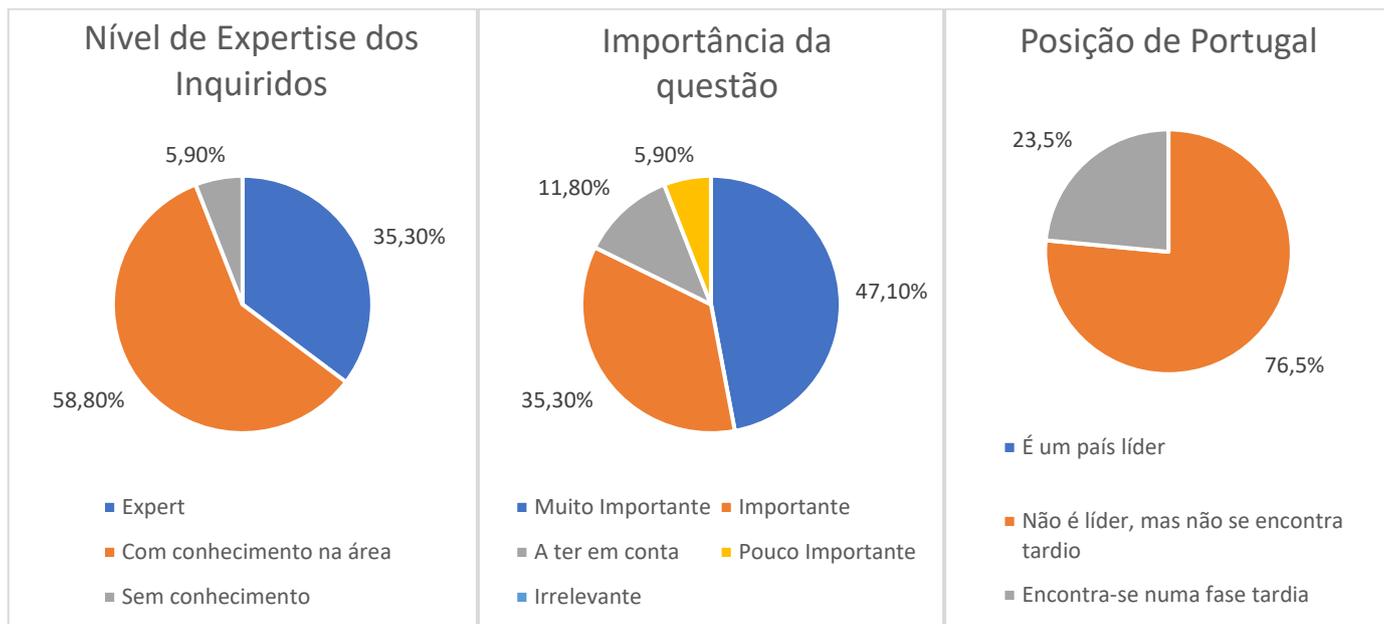
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	70,6%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	64,7%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	47,1%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	35,3%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	23,5%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	11,8%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	5,9%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	0%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	0%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	0%

Principais ações a tomar

Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	52,9%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	52,9%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	41,2%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	41,2%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	29,4%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	23,5%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	11,8%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	5,9%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	5,9%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	0%

5 - “Portugal tem 50 estações de abastecimento de hidrogénio” (Meta para 2030 do EN-H2)



Principais oportunidades para Portugal

Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	82,4%
Diminuição das importações de energias fósseis	76,5%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	58,8%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	29,4%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	23,5%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	11,8%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	0%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	0%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

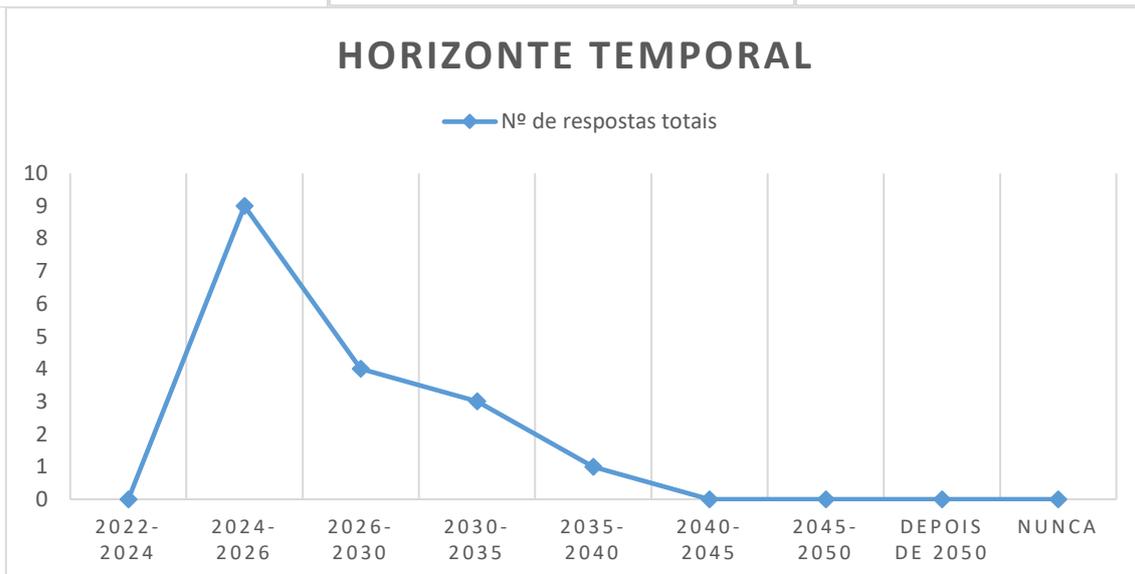
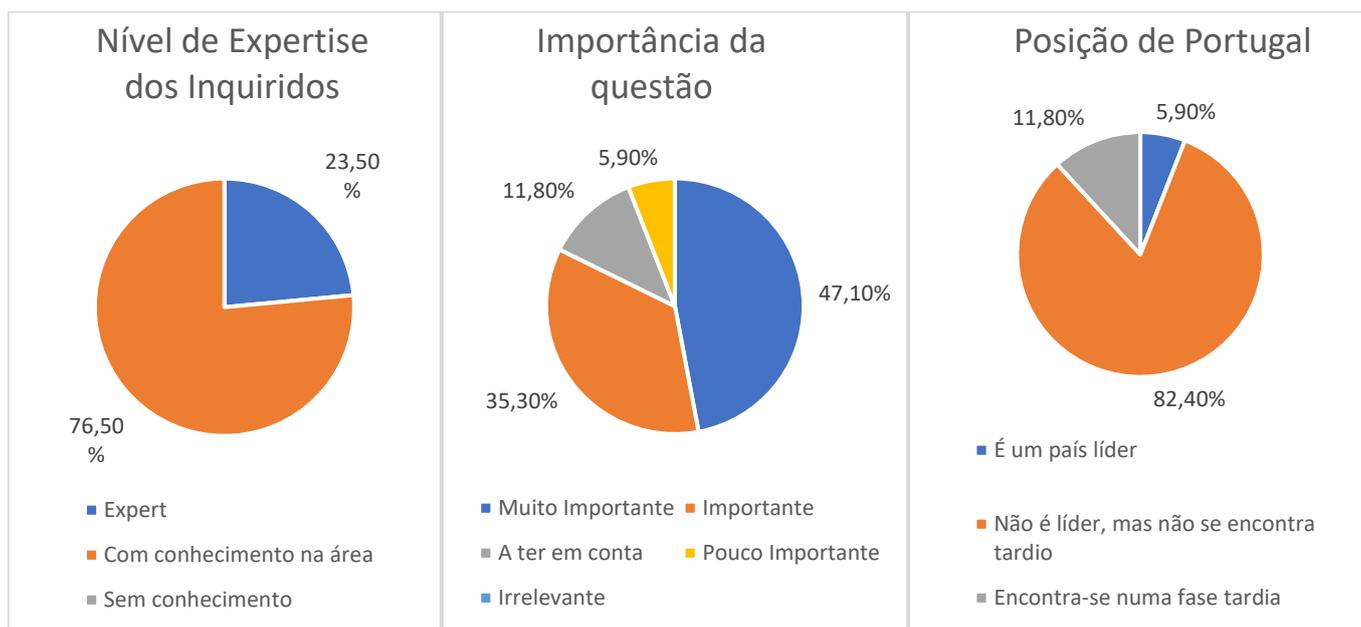
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	88,2%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	52,9%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	47,1%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	47,1%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	29,4%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	11,8%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	5,9%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	5,9%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	0%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	0%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	58,8%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	47,1%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	41,2%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	35,3%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	35,3%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	29,4%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	23,5%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	5,9%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	5,9%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	0%

6 - “Portugal terá injetado 5% de hidrogénio verde nas redes de gás natural” (meta mínima estipulada pelo EN-H2 para 2025)



Principais oportunidades para Portugal

Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	52,9%
Diminuição das importações de energias fósseis	47,1%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	47,1%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	41,2%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	41,2%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	35,3%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	23,5%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	5,9%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

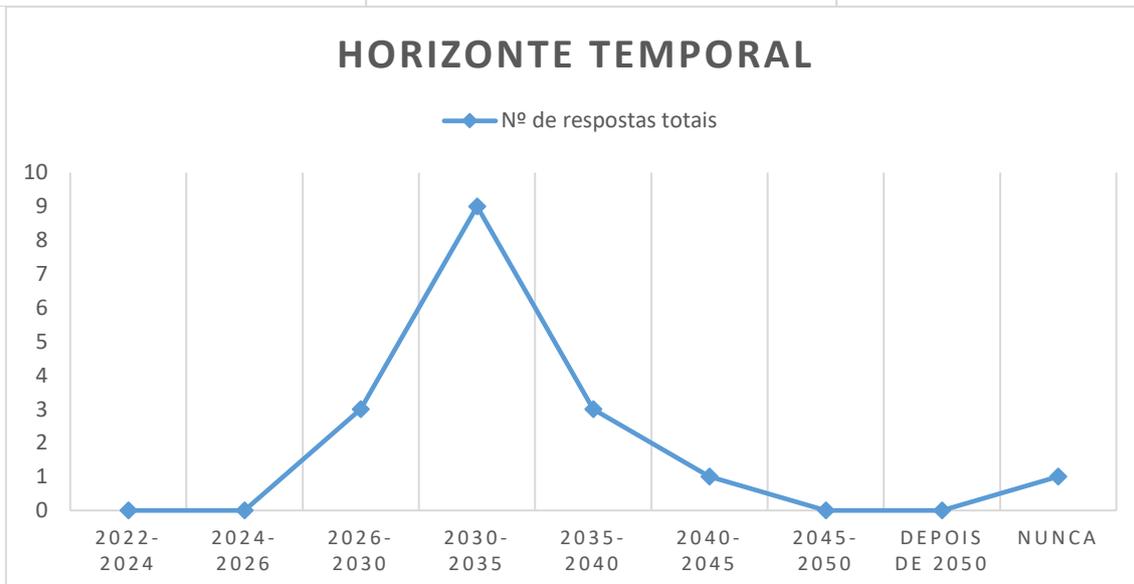
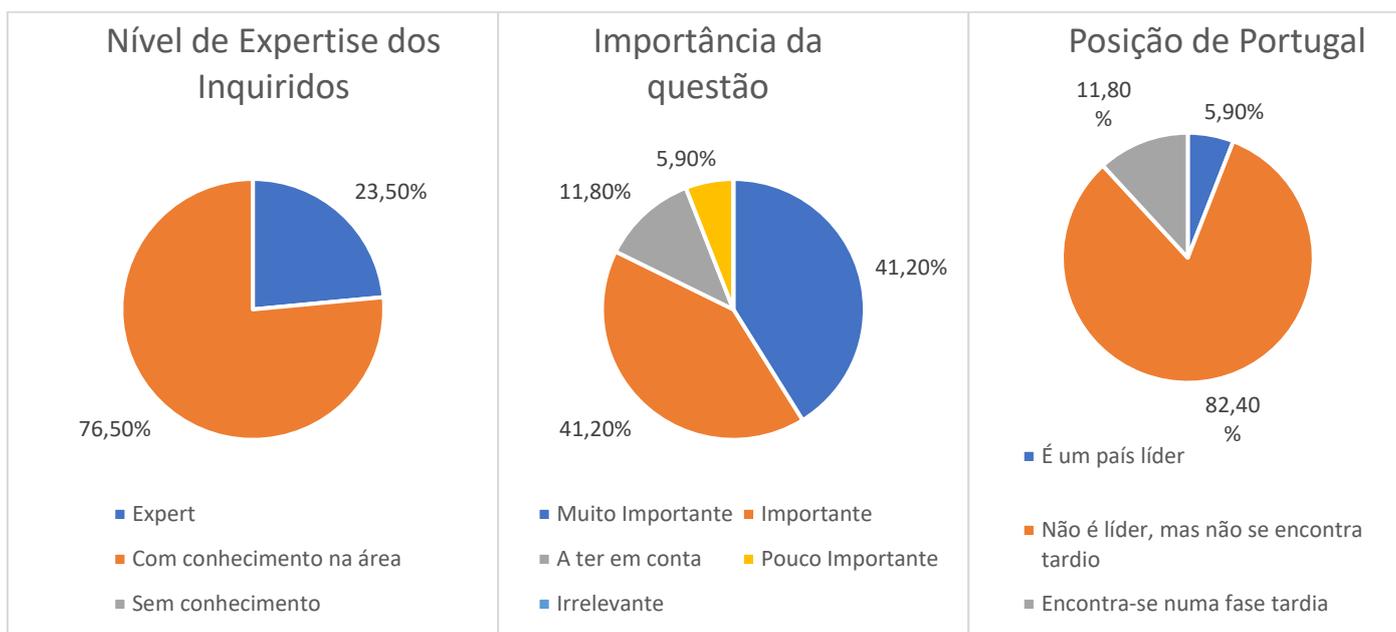
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	88,2%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	52,9%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	47,1%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	23,5%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	23,5%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	11,8%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	11,8%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	5,9%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	5,9%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	58,8%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	47,1%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	41,2%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	35,3%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	35,3%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	11,8%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	11,8%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	11,8%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	11,8%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	11,8%

7 – “Portugal terá injetado 15% de hidrogénio verde nas redes de gás natural” (meta mínima estipulada pelo EN-H2 para 2030)



Principais oportunidades para Portugal

Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	52,9%
Diminuição das importações de energias fósseis	47,1%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	47,1%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	41,2%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	41,2%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	35,3%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	23,5%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	5,9%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

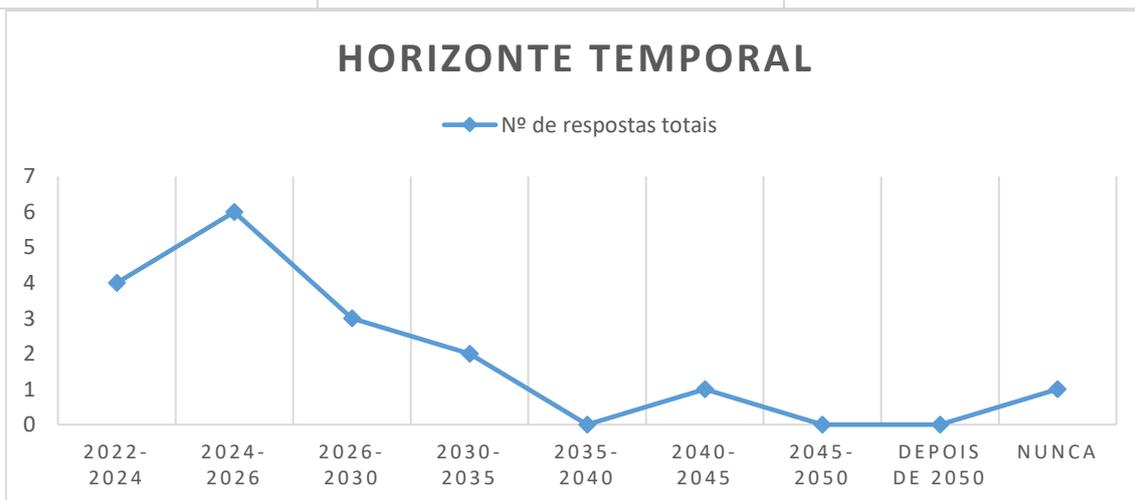
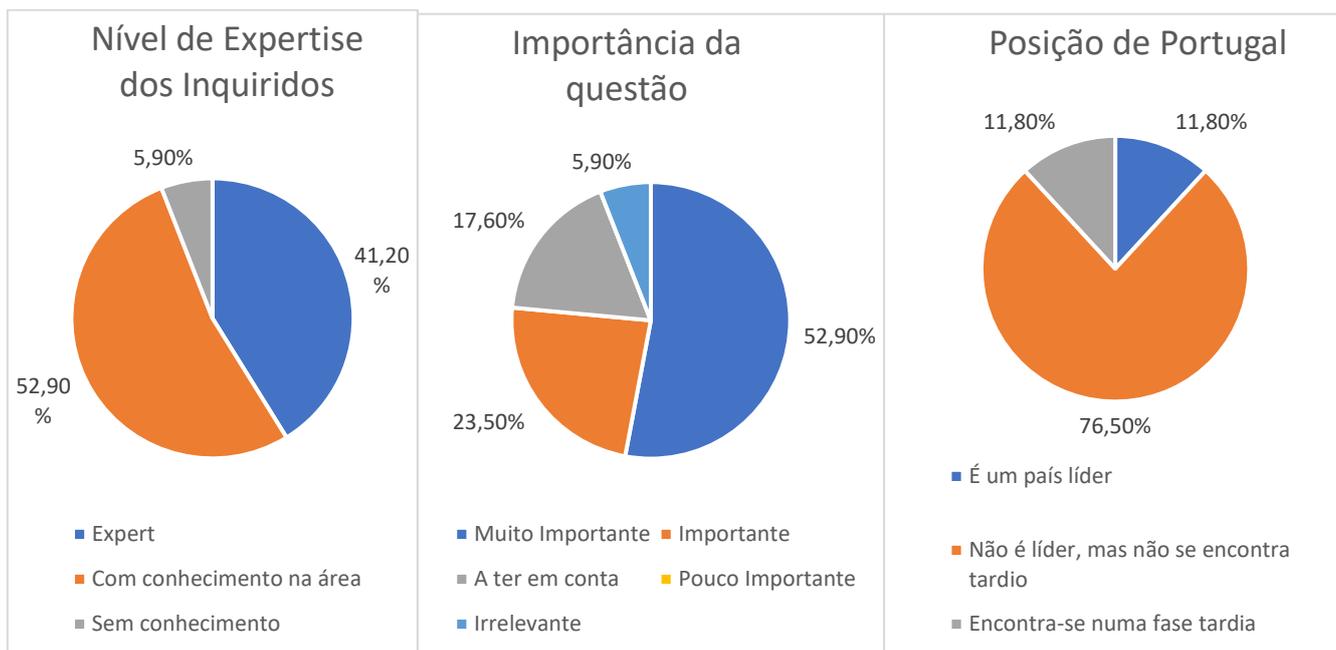
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	88,2%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	52,9%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	47,1%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	23,5%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	23,5%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	11,8%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	11,8%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	5,9%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	5,9%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	58,8%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	47,1%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	41,2%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	35,3%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	35,3%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	11,8%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	11,8%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	11,8%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	11,8%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	11,8%

8 - “A produção de hidrogénio verde ultrapassa a produção de hidrogénio azul, em Portugal.” (Previsto para 2024, segundo o Roteiro e plano de ação para o Hidrogénio)



Principais oportunidades para Portugal

Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	58,8%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	52,9%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	41,2%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	41,2%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	35,3%
Diminuição das importações de energias fósseis	29,4%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	17,6%
Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	11,8%

Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	11,8%
--	-------

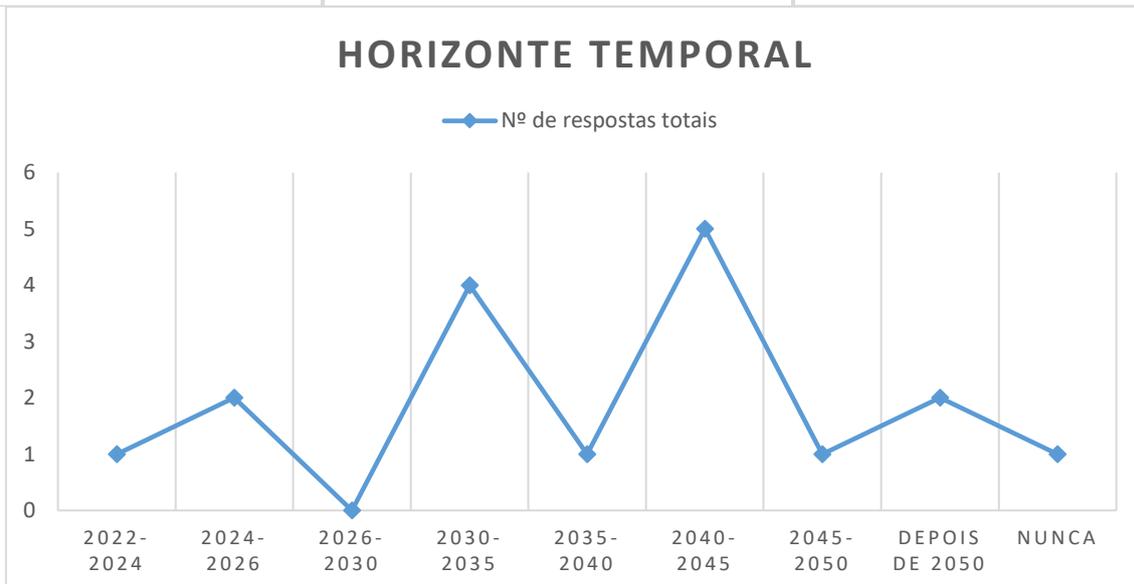
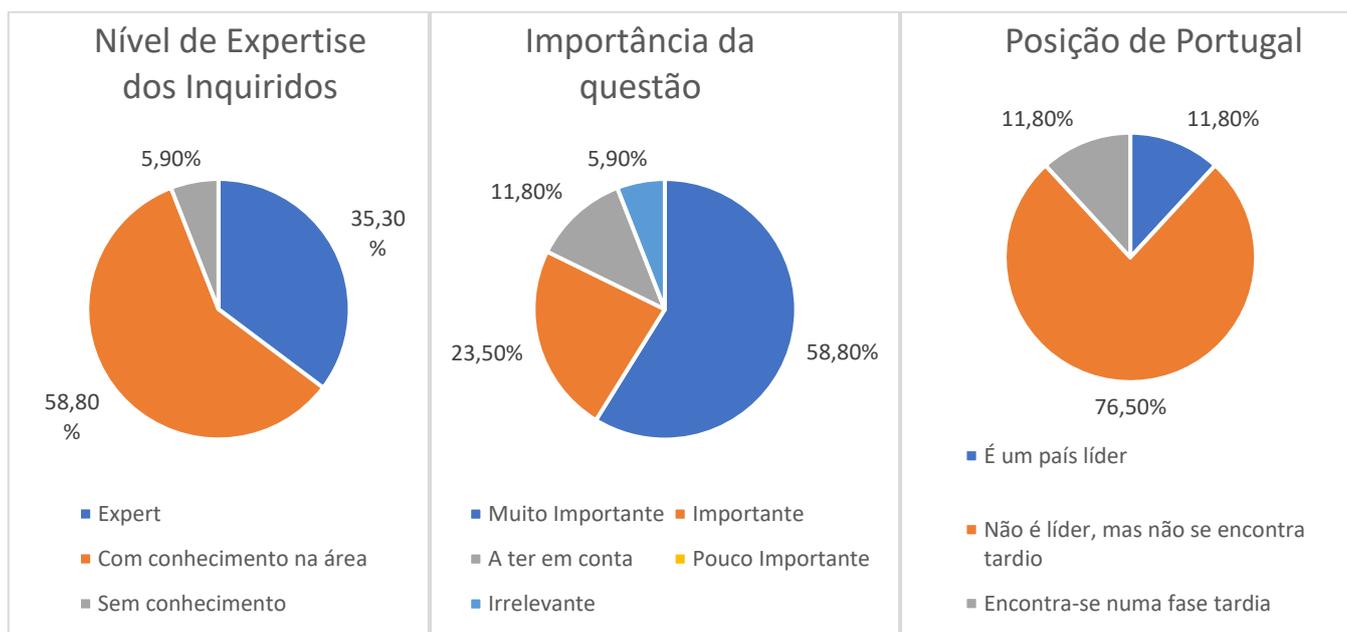
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	64,7%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	52,9%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	52,9%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	35,3%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	23,5%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	23,5%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	11,8%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	5,9%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	5,9%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	0%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	0%

Principais ações a tomar

Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	52,9%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	47,1%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	41,2%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	29,4%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	29,4%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	23,5%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	23,5%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	23,5%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	11,8%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	5,9%

9 - “A produção de hidrogénio verde ultrapassa a produção de hidrogénio cinzento, em Portugal.” (Previsto para 2044, segundo o Roteiro e plano de ação para o Hidrogénio)



Principais oportunidades para Portugal

Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	58,8%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	52,9%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	41,2%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	41,2%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	35,3%
Diminuição das importações de energias fósseis	29,4%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	17,6%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	11,8%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	11,8%

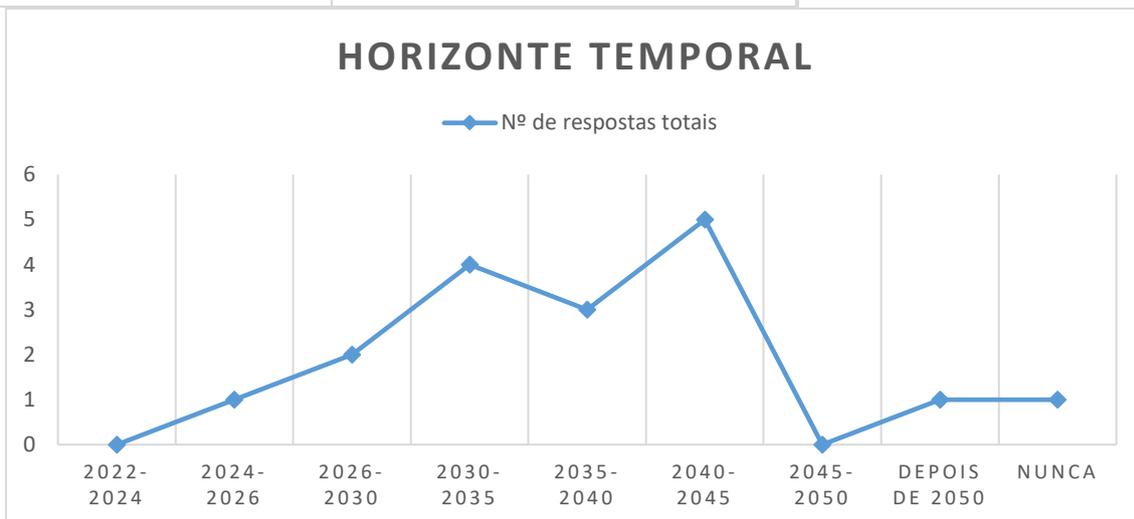
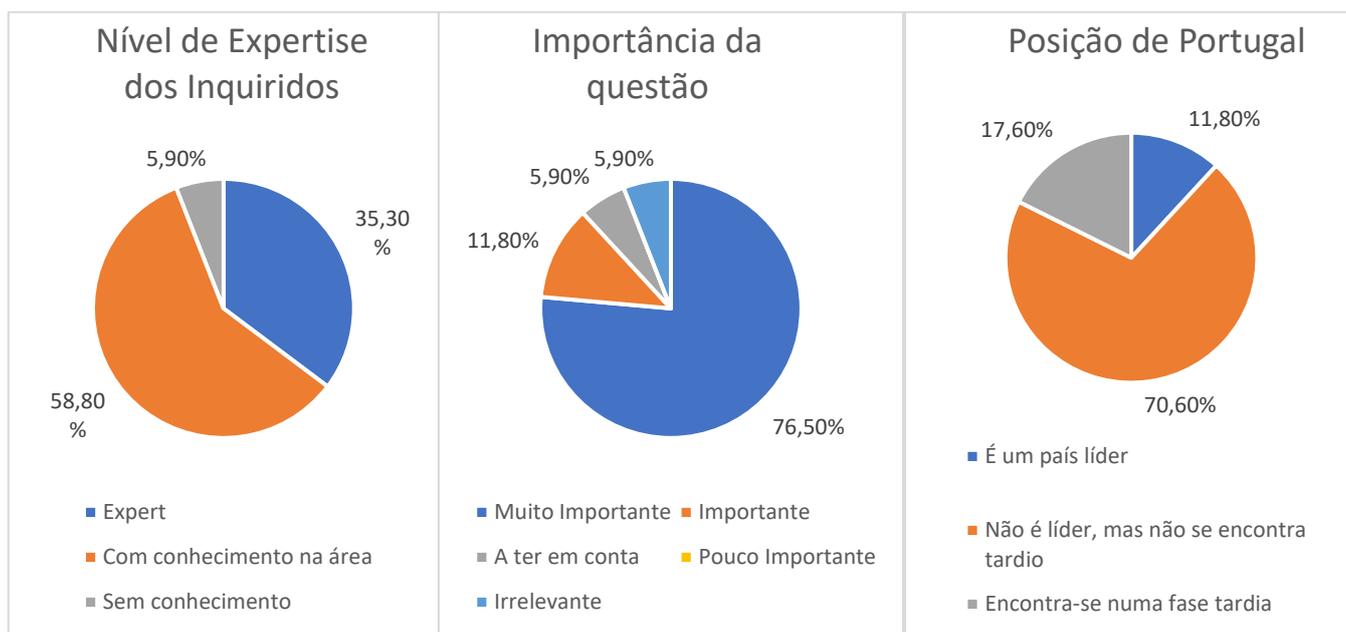
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	64,7%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	52,9%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	52,9%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	35,3%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	23,5%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	23,5%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	11,8%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	5,9%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	5,9%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	0%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	0%

Principais ações a tomar

Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	52,9%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	47,1%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	41,2%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	29,4%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	29,4%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	23,5%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	23,5%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	23,5%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	11,8%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	5,9%

10 - “O hidrogénio verde atinge um valor de mercado que o torna suficientemente competitivo em Portugal (valor entre 1 e 2€/kg H2) (Previsto para 2035-2040 segundo o Roteiro e plano de ação para o Hidrogénio)”



Principais oportunidades para Portugal

Diminuição das importações de energias fósseis	58,8%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	52,9%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	41,2%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	41,2%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	29,4%
Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	29,4%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	23,5%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	23,5%

Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%
--	----

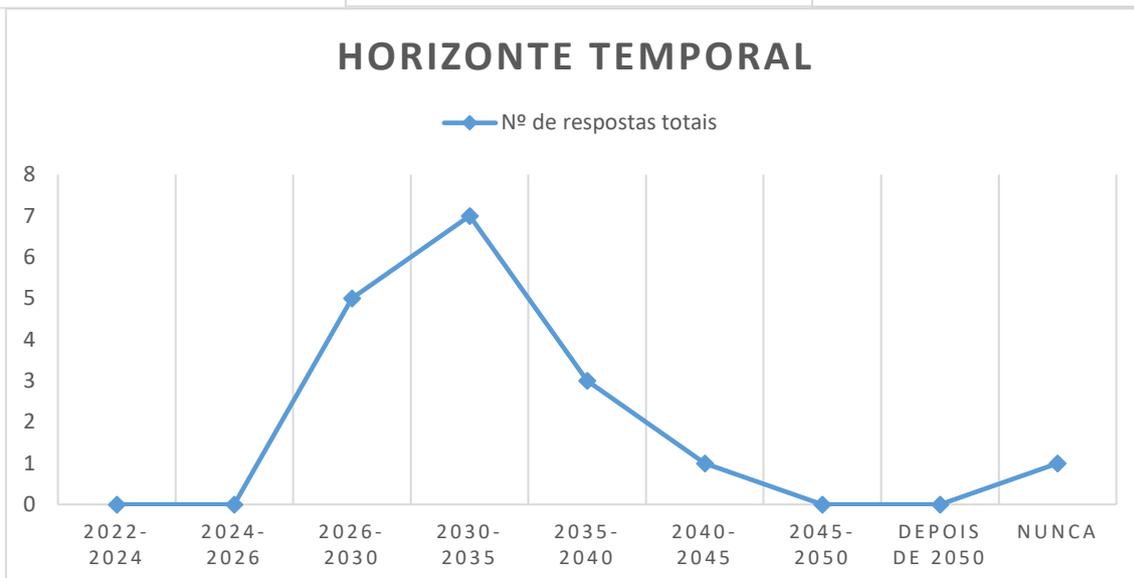
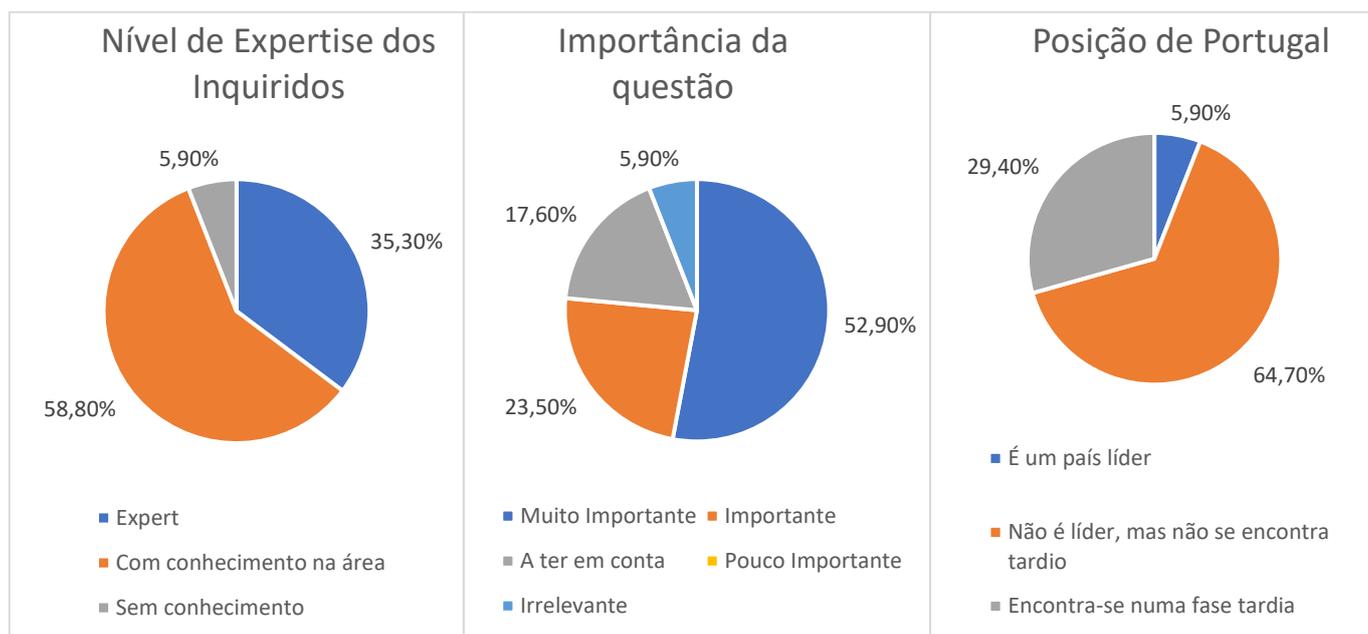
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	64,7%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	58,8%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	52,9%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	35,3%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	23,5%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	23,5%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	5,9%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	0%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	0%

Principais ações a tomar

Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	52,9%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	47,1%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	35,3%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	35,3%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	29,4%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	29,4%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	23,5%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	17,6%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	17,6%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	5,9%

11 - “São atingidos os 2 GW de capacidade instalada em eletrolisadores em Portugal” (valores incluídos no cenário EN-H2 BAIXO para 2030)



Principais oportunidades para Portugal

Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	70,6%
Diminuição das importações de energias fósseis	58,8%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	41,2%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	35,3%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	23,5%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	23,5%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	23,5%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	17,6%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

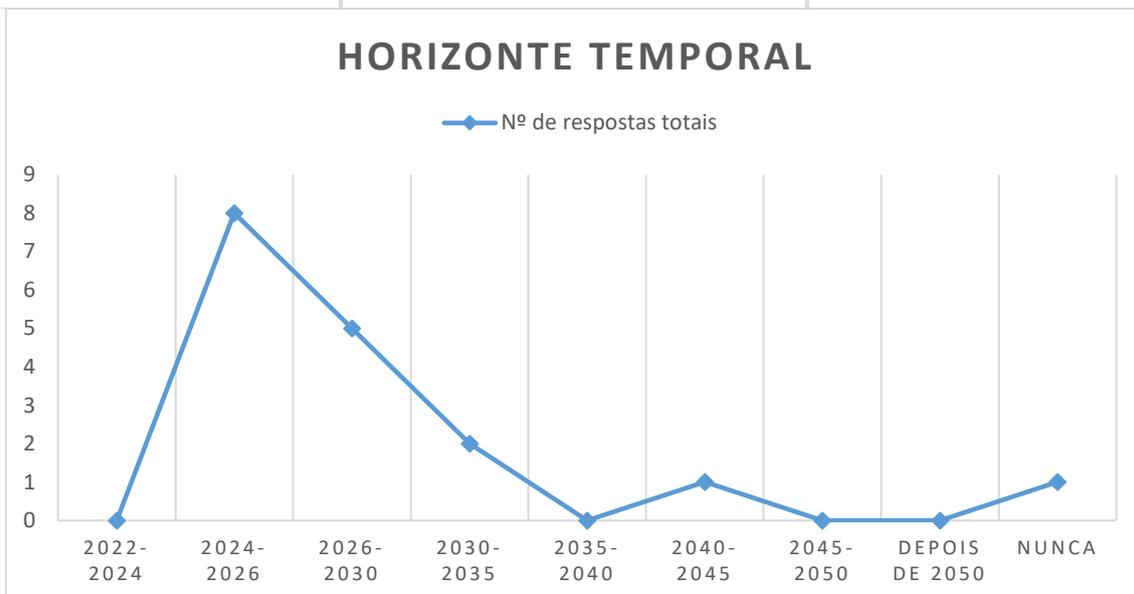
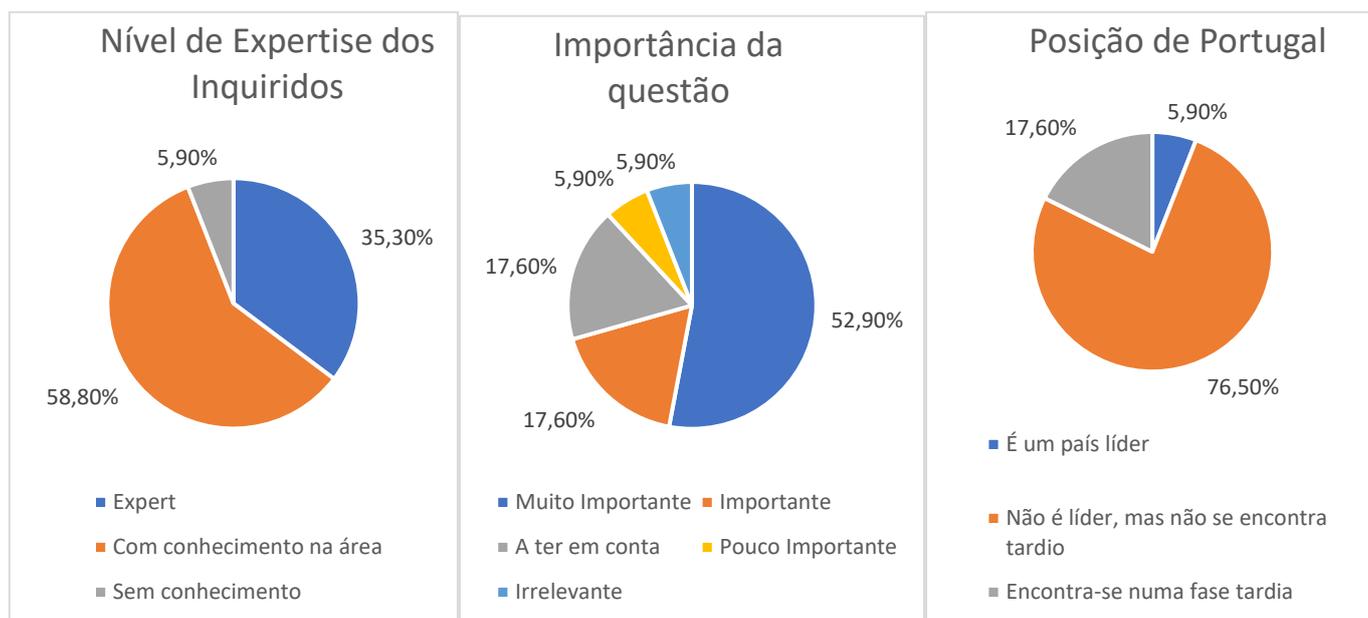
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	70,6%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	47,1%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	41,2%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	29,4%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	29,4%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	17,6%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	11,8%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	11,8%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	5,9%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	52,9%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	47,1%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	41,2%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	41,2%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	35,3%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	29,4%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	17,6%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	17,6%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	11,8%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	0%

12 - “30% do hidrogénio produzido em Portugal é através da eletrólise da água” (Plano Nacional do Hidrogénio, a atingir até 2025)



Principais oportunidades para Portugal

Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	64,7%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	41,2%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	35,3%
Diminuição das importações de energias fósseis	35,3%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	35,3%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	29,4%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	23,5%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	23,5%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

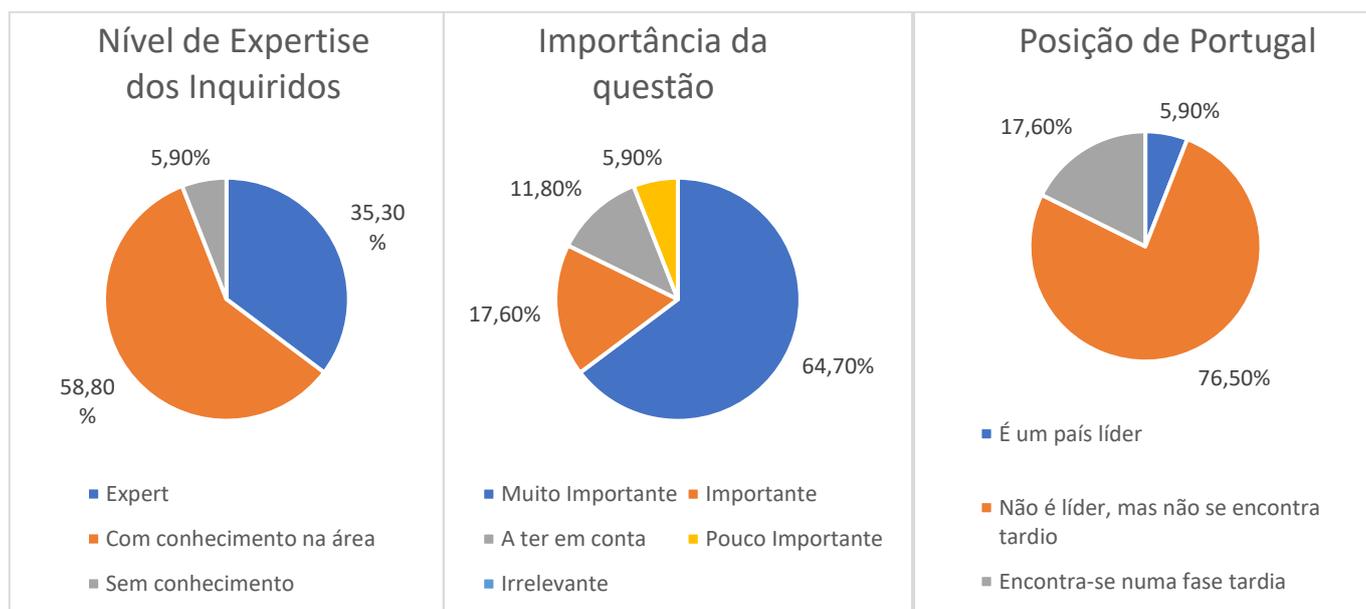
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	64,7%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	52,9%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	47,1%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	23,5%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	17,6%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	17,6%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	17,6%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	5,9%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	0%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	0%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	0%

Principais ações a tomar

Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	52,9%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	52,9%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	35,3%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	35,3%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	29,4%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	29,4%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	17,6%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	11,8%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	11,8%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	5,9%

13 - “50% do hidrogénio produzido em Portugal é através da eletrólise da água” (Plano Nacional do Hidrogénio, a atingir até 2030)



Principais oportunidades para Portugal

Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	64,7%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	41,2%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	35,3%
Diminuição das importações de energias fósseis	35,3%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	35,3%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	29,4%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	23,5%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	23,5%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

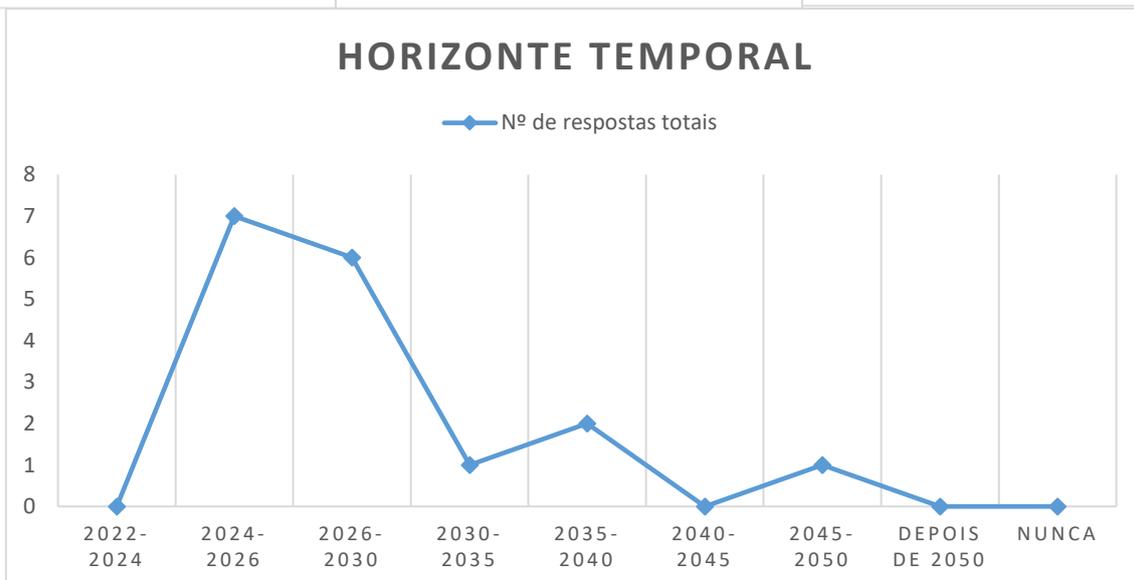
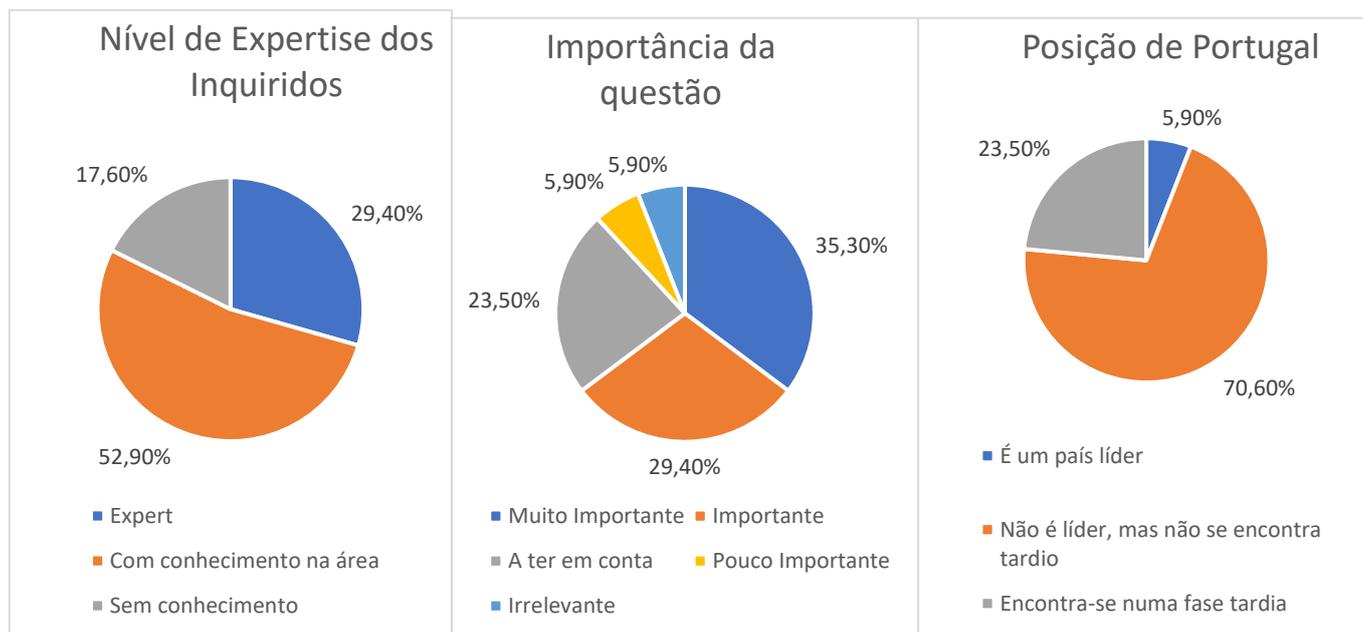
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	64,7%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	52,9%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	47,1%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	23,5%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	17,6%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	17,6%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	17,6%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	5,9%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	0%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	0%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	0%

Principais ações a tomar

Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	52,9%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	52,9%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	35,3%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	35,3%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	29,4%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	29,4%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	17,6%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	11,8%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	11,8%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	5,9%

14 - “Integração de 5% de hidrogénio nas centrais termoelétricas em Portugal” (Meta máxima imposta pelo EN-H2 para 2025)



Principais oportunidades para Portugal

Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	88,2%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	52,9%
Diminuição das importações de energias fósseis	41,2%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	29,4%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	23,5%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	11,8%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	5,9%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	0%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

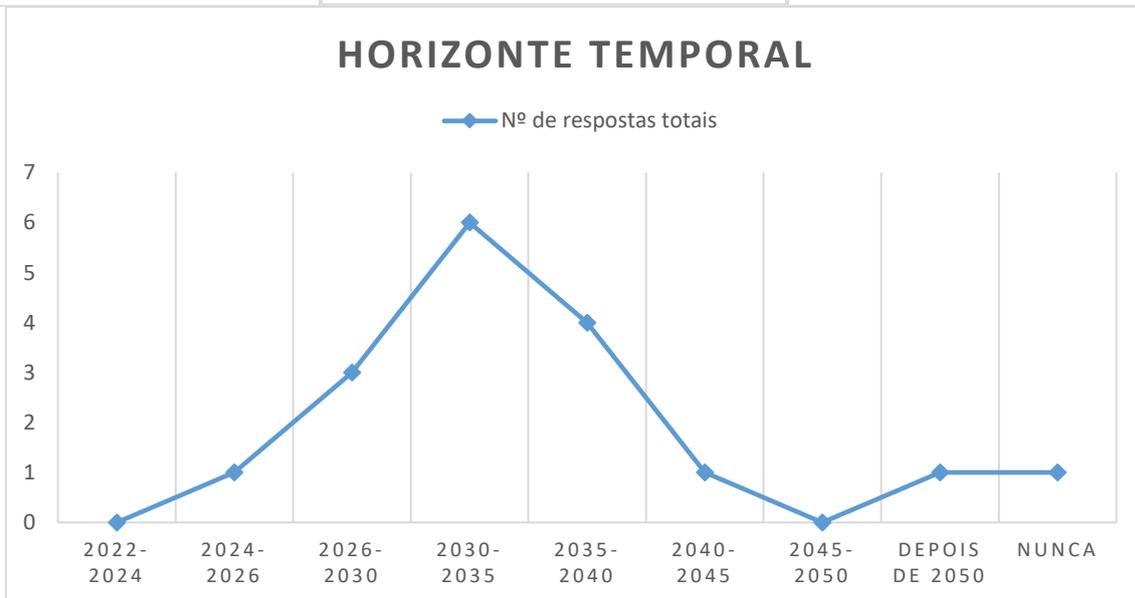
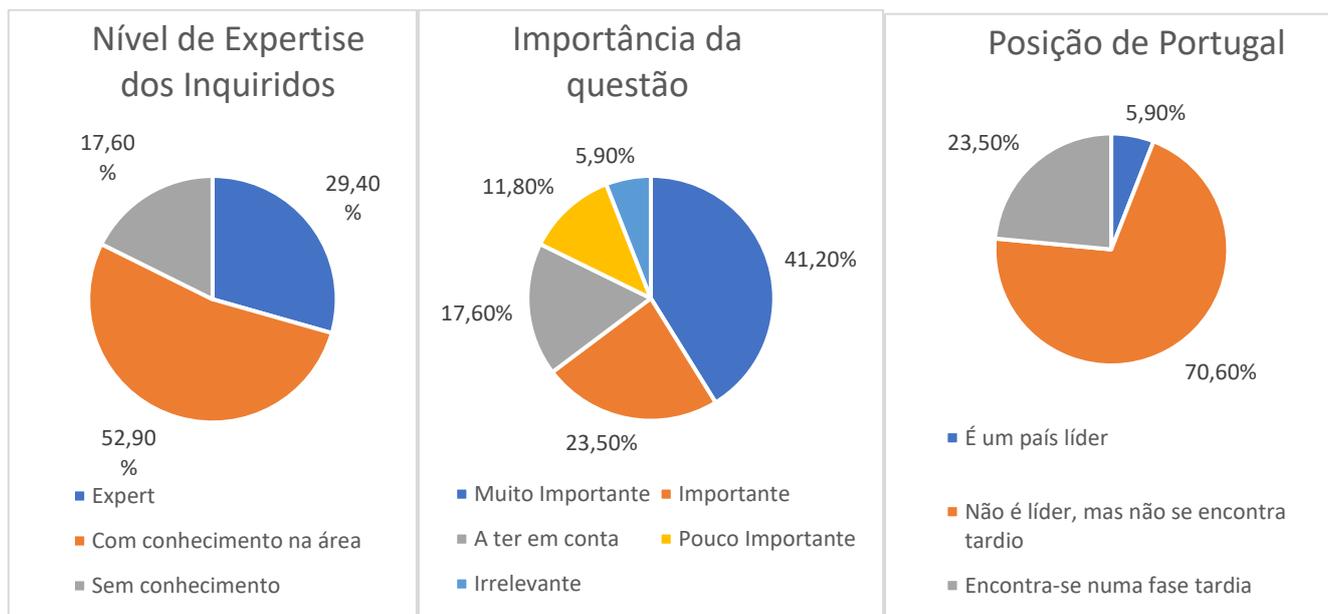
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	82,4%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	52,9%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	41,2%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	41,2%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	17,6%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	11,8%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	11,8%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	0%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	0%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	0%

Principais ações a tomar

Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	52,9%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	47,1%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	47,1%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	41,2%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	41,2%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	23,5%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	17,6%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	11,8%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	5,9%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	0%

15 - “Integração de 15% de hidrogénio nas centrais termoelétricas em Portugal” (Meta máxima imposta pelo EN-H2 para 2030)



Principais oportunidades para Portugal

Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	88,2%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	52,9%
Diminuição das importações de energias fósseis	41,2%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	29,4%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	23,5%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	11,8%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	5,9%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	0%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

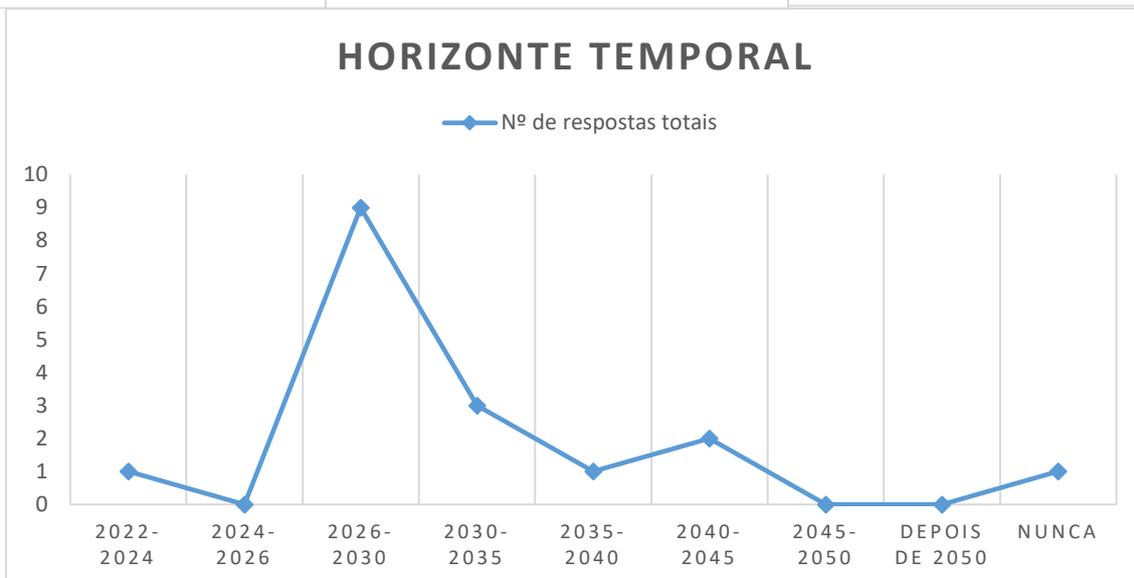
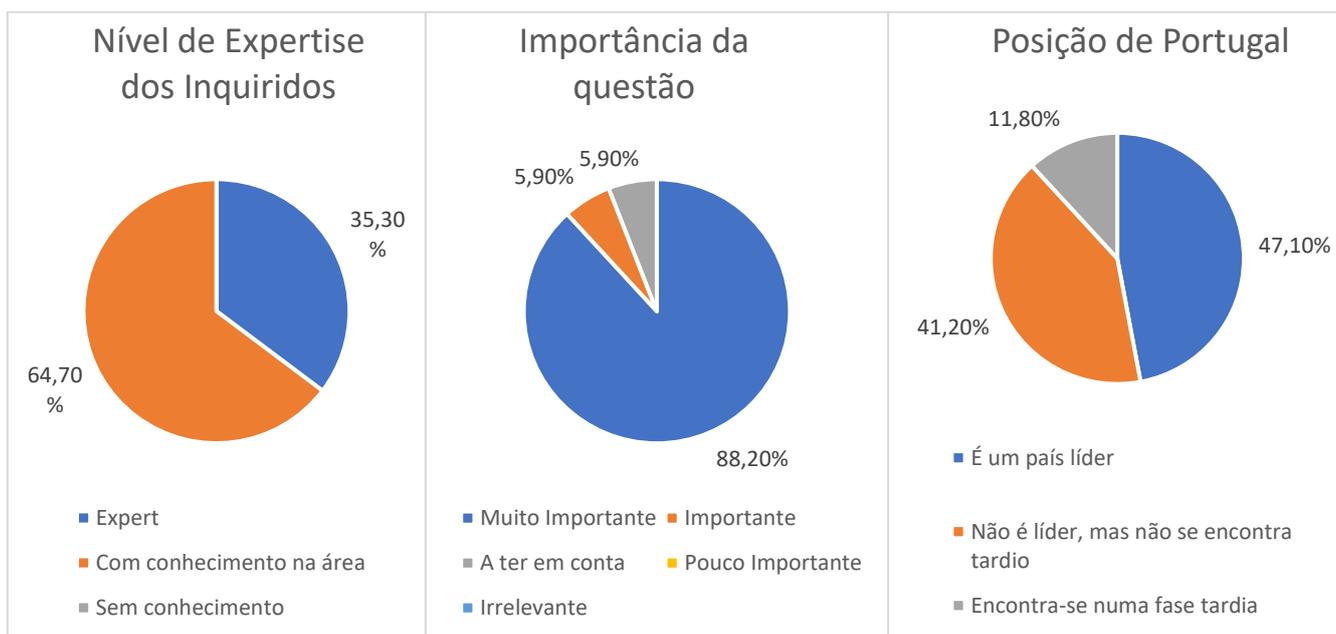
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	82,4%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	52,9%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	41,2%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	41,2%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	17,6%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	11,8%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	11,8%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	0%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	0%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	0%

Principais ações a tomar

Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	52,9%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	47,1%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	47,1%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	41,2%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	41,2%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	23,5%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	17,6%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	11,8%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	5,9%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	0%

16 - “As energias renováveis representam 47% do consumo final bruto de energia” (Meta para 2030 estipulada pelo PNEC2030)



Principais oportunidades para Portugal

Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	70,6%
Diminuição das importações de energias fósseis	70,6%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	35,3%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	29,4%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	23,5%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	23,5%
Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	11,8%

Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	5,9%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

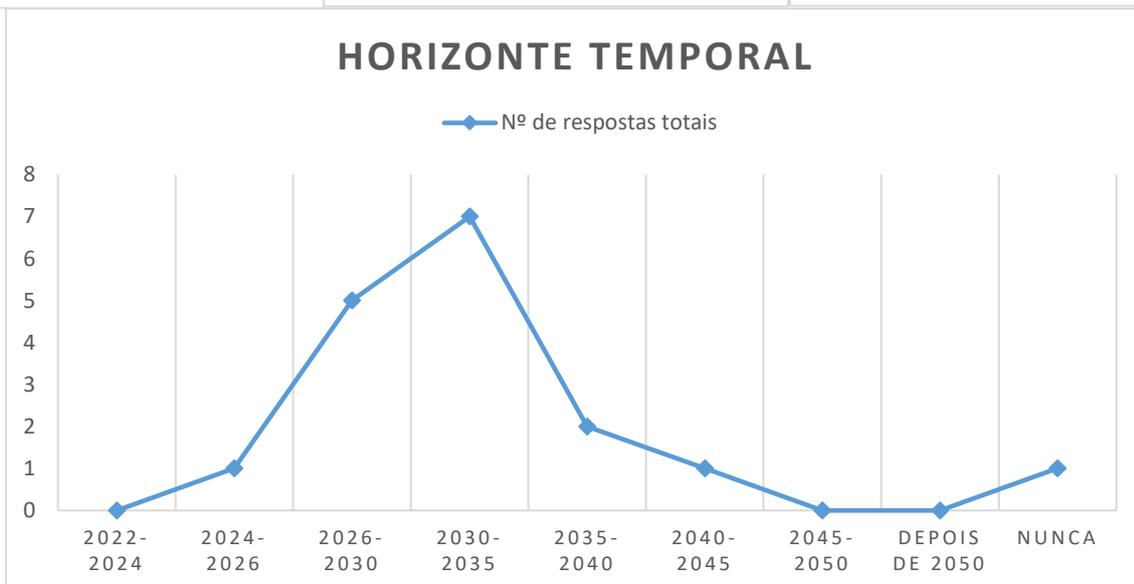
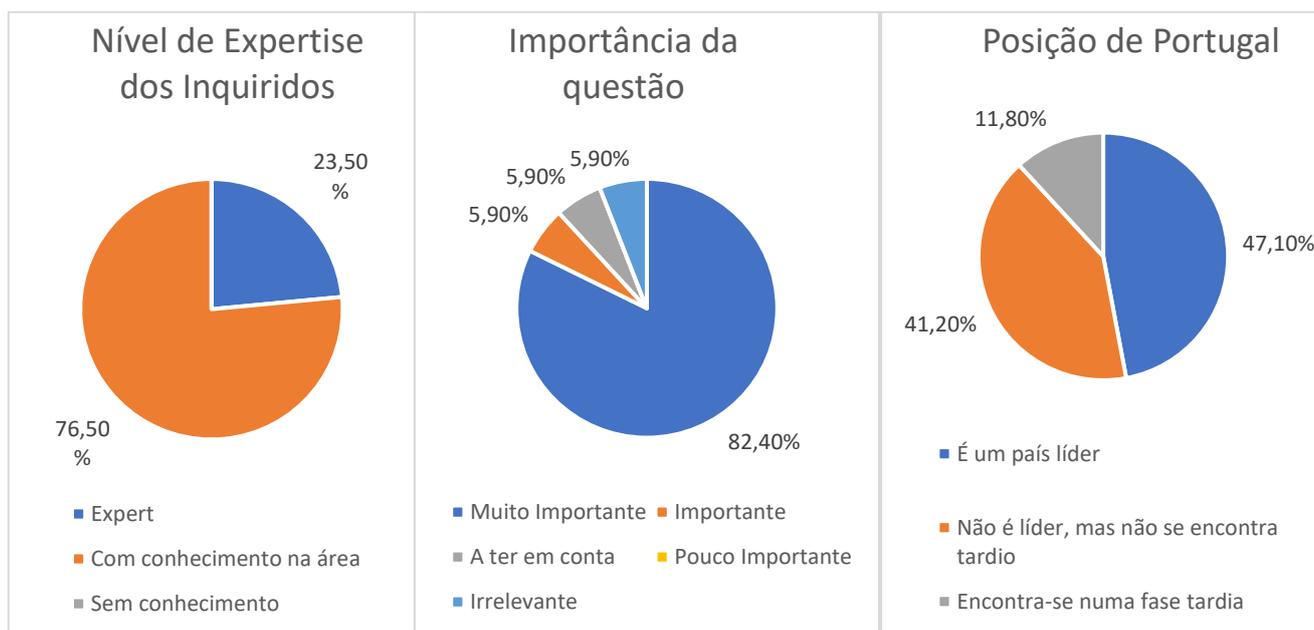
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	52,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	35,3%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	35,3%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	23,5%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	23,5%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	17,6%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	11,8%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	11,8%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	11,8%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	11,8%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	52,9%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	41,2%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	41,2%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	41,2%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	35,3%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	23,5%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	17,6%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	17,6%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	11,8%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	11,8%

17 - “Tendo como referência o nível das emissões de GEE de 2005, é atingida uma redução de 55%” (Meta criada pelo PNEC2030 para 2030)



Principais oportunidades para Portugal

Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	64,7%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	58,8%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	41,2%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	41,2%
Diminuição das importações de energias fósseis	35,3%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	23,5%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	5,9%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	0%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

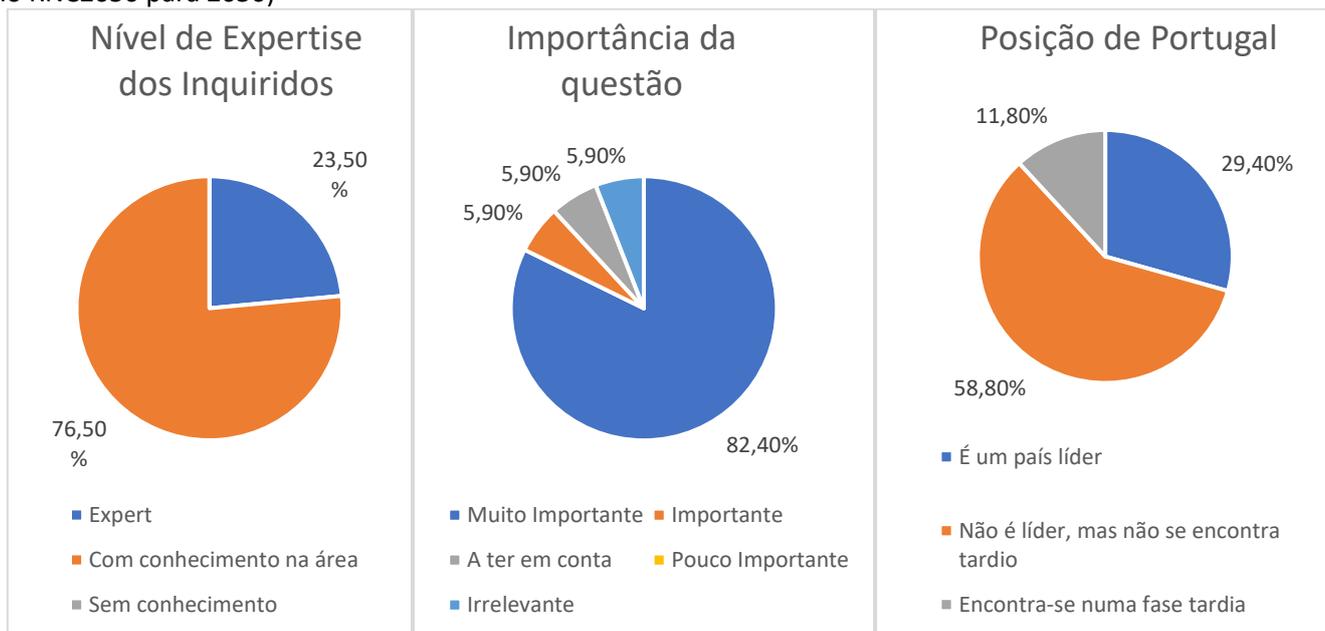
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	58,8%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	35,3%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	35,3%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	29,4%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	23,5%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	23,5%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	17,6%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	11,8%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	11,8%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	52,9%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	52,9%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	35,3%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	35,3%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	35,3%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	29,4%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	23,5%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	17,6%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	17,6%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	11,8%

18 - “Tendo como referência o nível das emissões de GEE de 2005, é atingida uma redução de 90%” (Meta criada pelo RNC2050 para 2050)



Principais oportunidades para Portugal

Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	64,7%
Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	58,8%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	41,2%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	41,2%
Diminuição das importações de energias fósseis	35,3%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	23,5%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	5,9%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	0%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

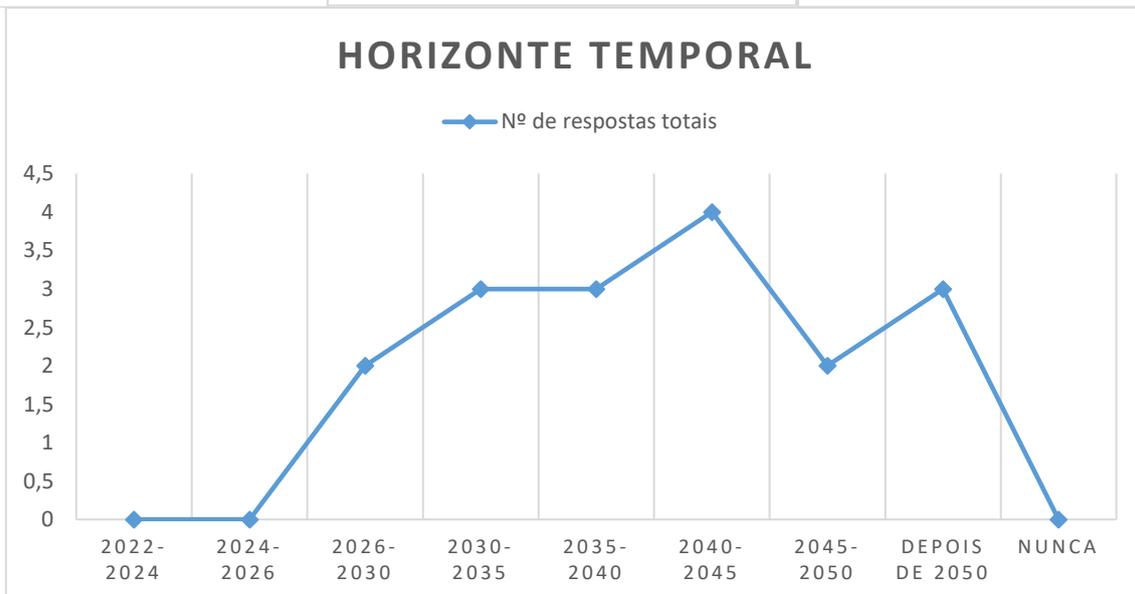
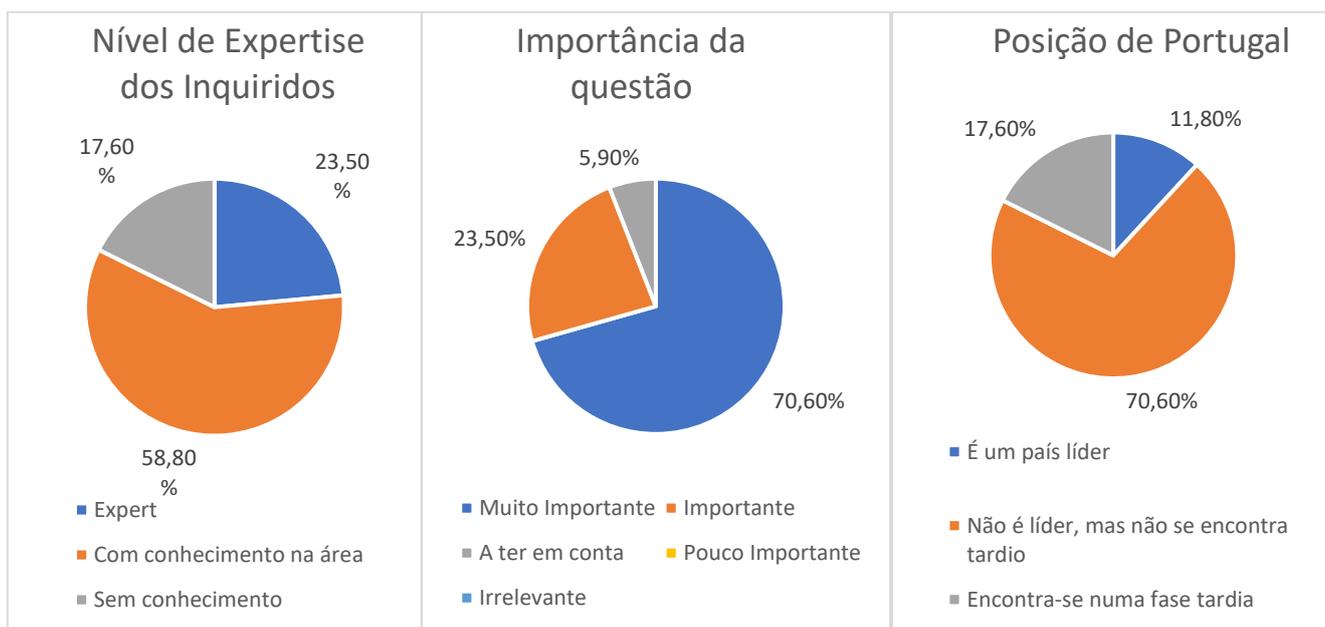
Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	58,8%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	35,3%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	35,3%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	29,4%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	23,5%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	23,5%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	17,6%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	11,8%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	11,8%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	52,9%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	52,9%
Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	35,3%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	35,3%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	35,3%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	29,4%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	23,5%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	17,6%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	17,6%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	11,8%

19 - “As importações de petróleo bruto não ultrapassam os 5 000 000 de toneladas” (cerca de metade do importado atualmente)



Principais oportunidades para Portugal

Redução das emissões de CO2 no setor dos transportes	76,5%
Diminuição das importações de energias fósseis	64,7%
Redução das emissões de CO2 na produção de energia elétrica	41,2%
Redução das emissões de CO2 no setor do aquecimento e arrefecimento	35,3%
Parcerias estratégicas entre empresas/países quanto a projetos de hidrogénio	29,4%
Aumento da I&D portuguesa e inovação, investimento produtivo e emprego qualificado	11,8%
Desenvolvimento da rede energética portuguesa (flexibilidade e resiliência) e reforço das renováveis em Portugal	11,8%

Aumento das exportações energéticas renováveis de Portugal	5,9%
Reaproveitamento de águas residuais tratadas na produção de hidrogénio	0%

Principais barreiras de Portugal

Falta de infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio	58,8%
A não existência de um mercado de hidrogénio desenvolvido	47,1%
Tecnologia com baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) no que toca à dissociação da água (eficiência dos eletrolisadores)	29,4%
Falta de apoios ao investimento em projetos de hidrogénio (falta de intervenção política no que toca a falhas de mercado)	29,4%
Falta de apoios ao investimento em projetos de reforço de fontes energéticas renováveis	23,5%
Fatores sociais, como a não aceitação, por parte da sociedade, da adoção de certas tecnologias ou novas fontes energéticas	23,5%
Falta de segurança, legislação e certificação de qualidade no que toca à produção e transporte de hidrogénio	17,6%
Polémicas relativas aos projetos a ser financiados por fundos europeus	11,8%
Possível concorrência entre energias renováveis e hidrogénio	5,9%
Possibilidade de existir outra tecnologia ou elemento, quanto ao armazenamento de energia renovável	5,9%
Falta de espaço físico para o reforço de energias de fontes renováveis	5,9%
A falta de água tratada para utilização nos eletrolisadores	0%

Principais ações a tomar

Taxar importações de energia cuja fonte de produção não seja sustentável	52,9%
Incentivos no que toca à venda e compra de hidrogénio verde	47,1%
Promoção e incentivo de projetos relacionados com I&D na área do hidrogénio	41,2%
Promover a criação de parcerias entre atores públicos ou privados	35,3%
Promoção e incentivo na criação de mais parques renováveis (fotovoltaicos ou eólicos)	35,3%
Adoção de um sistema de garantias de origem do hidrogénio	29,4%
Promover a utilização de hidrogénio verde em todo o tipo de transportes (transporte de mercadorias, transportes coletivos e pessoais)	29,4%
Incentivos à criação de mais propriedade industrial (diminuição dos custos de manutenção, por exemplo) e facilitamento de processos de licenciamento	23,5%
Promover e incentivar a produção de hidrogénio, numa combinação de projetos centralizados à escala industrial com processos descentralizados	23,5%
Promover a aquisição e renovação de sistemas de produção de calor e frio a partir de fontes renováveis de energia	23,5%