

Avaliação dos Cenários para o Futuro do Hidrogénio em Portugal em 2030-2050



Grupo de Investigação em Energia e Desenvolvimento Sustentável
Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa



Imagem do projecto Promoção da Sociedade do Hidrogénio © IST-UTL, 2008

Projecto HI-PO
Estratégia Nacional para o Desenvolvimento do
Hidrogénio como Vector Energético em Portugal

Projecto financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia
do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior
POCI 2010 – Programa Operacional Ciência e Inovação
- Medida V.5 - Acção V.5.1 - ref. n.º 010.6/A026/2005

Relatório preparado por:
Rui Pimenta

Abril de 2008

Índice

Índice	i
Lista de figuras	ii
Lista de tabelas.....	iii
1. Introdução.....	1
2. Metodologia	2
2.1 Selecção de agentes.....	2
2.2 Entrevistas	3
2.3 Análise dos resultados das entrevistas	6
3. Resultados.....	7
3.1 Notas gerais sobre as entrevistas.....	7
3.2 Cenários.....	7
3.3 Critérios.....	21
3.4 Classificação e pesos	25
3.5 Cenários-limite	38
3.6 Agregação dos resultados	40
3.6.1 Grupos de critérios	40
3.6.2 Grupos de agentes.....	45
3.7 Discussão dos resultados	50
Referências bibliográficas.....	55
Anexo 1 – Lista de entrevistados e respectiva designação profissional	56
Anexo 2 – Lista de critérios por categoria.....	57
Anexo 3 – Lista de critérios por agente e respectivas definições	59
Anexo 4 – Comentários à atribuição de pesos	64

Lista de figuras

Figura 1 – Número de critérios por grupo	24
Figura 2 – Pesos atribuídos por todos os entrevistados aos critérios de acordo com os valores extremos e com os valores médios de cada grupo	29
Figura 3 – Classificações finais ponderadas de todos os entrevistados aos cenários de acordo com os valores extremos e com os valores médios	31
Figura 4 – Classificações finais individuais ponderadas aos cenários	35
Figura 5 – Classificações ponderadas dos diferentes grupos de critérios para os 6 cenários	41

Lista de tabelas

Tabela 1 – Categorias identificadas para a selecção de agentes para as entrevistas	3
Tabela 2 – Cenário global de hidrogénio sugerido pelo <i>Engenheiro na indústria de pilhas de combustível</i>	9
Tabela 3 – Lista completa de critérios por agente	22
Tabela 4 – Critérios abandonados	25
Tabela 5 – Agregação de Agentes	45

1. Introdução

A Avaliação dos Cenários para o Futuro do Hidrogénio em Portugal em 2030-2050 constitui uma das etapas metodológicas mais relevantes do projecto de investigação HI-PO – Estratégia Nacional para o Desenvolvimento do Hidrogénio como Vector Energético em Portugal (<http://www.rgesd-sustcomm.org/hi-po/>), coordenado pelo RGED – Grupo de Investigação em Energia e Desenvolvimento Sustentável do Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa (IST-UTL). Foi alvo de avaliação um conjunto final de 5 cenários decorrente do processo de selecção da fase anterior do projecto, aos quais se juntou um sexto cenário, que funcionou como referencial:

- 1. Renováveis dominantes
- 2. Não renováveis e bioenergia centralizadas
- 3. Electricidade descentralizada
- 4. Gás natural descentralizado
- 5. Pequena escala e combustíveis líquidos
- 6. Status Quo

Um descrição pormenorizada destes cenários – que não pretendem adivinhar o futuro, mas antes ajudar a estudar as consequências de futuros possíveis, contribuindo assim para a tomada de decisões – pode ser acedida em <http://www.rgesd-sustcomm.org/hi-po/documentos/cenariosHIPO.pdf>.

Em seguida, é apresentada a avaliação deste conjunto de cenários por parte de um vasto leque de agentes nacionais na área da energia e do hidrogénio em particular.

2. Metodologia

A avaliação dos cenários futuros de hidrogénio em Portugal foi efectuada através da realização de entrevistas pessoais com um conjunto de agentes, cujo processo de selecção é descrito de seguida. Estas entrevistas iniciaram-se em Maio de 2007 prolongando-se até Julho de 2007.

2.1 Selecção de agentes

O processo de selecção dos agentes para as entrevistas teve início em 15 de Novembro de 2006 aquando da realização do Workshop do projecto HI-PO intitulado 'Cenários para o Futuro do Hidrogénio em Portugal', cujo objectivo foi o de desenvolver e discutir cenários para a economia do hidrogénio em Portugal em 2030-2050. Este evento contou com uma grande participação de agentes, dando à equipa de projecto oportunidade de aprofundar o conhecimento sobre os agentes nacionais na área do hidrogénio e outras áreas satélites.

Mais tarde foram definidas as principais áreas temáticas e institucionais que importava cobrir com a realização das entrevistas. Desta forma, pretendia-se ter uma participação alargada de agentes de diferentes áreas, como a energia, ambiente ou transportes, e com enquadramentos institucionais díspares, como académicos, indústria ou administração pública, por exemplo. Foi preocupação da equipa de projecto não resumir estes agentes a especialistas na temática do hidrogénio, de modo a ter um leque de agentes com diferentes sensibilidades para as questões energéticas.

Uma primeira análise levou à criação de mais de 20 categorias, posteriormente reduzidas a 18 de acordo com a sua relevância (TABELA 1), para as quais se tentou encontrar agentes que as representassem. Verificou-se assim que existiam diversas sobreposições, com agentes a poderem ser integrados em mais do que uma categoria, existindo igualmente categorias para as quais surgiam diversos nomes como possíveis. Estas categorias misturam áreas temáticas com institucionais, tendo-se procurado ter uma representatividade significativa de académicos, consultores, investigadores, indústria e administração pública.

Tendo em conta o prazo temporal estabelecido para a realização das entrevistas, o objectivo passava pela realização de cerca de 15 entrevistas, tendo acabado por ser convidados 19 agentes, indo de encontro aos nomes e instituições mais relevantes nas áreas da energia, ambiente e hidrogénio em particular. Destes 19

nomes, apenas não foi possível realizar uma das entrevistas com o representante do IMTT – Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres devido ao processo então em curso de migração da anterior DGTTF – Direcção-Geral dos Transportes Terrestres e Fluviais.

TABELA 1 – CATEGORIAS IDENTIFICADAS PARA A SELECÇÃO DE AGENTES PARA AS ENTREVISTAS

Alterações Climáticas	Associações de Ambiente	Associações na Área da Energia
Economia do Carbono	Energia Sustentável	Energias Renováveis
Engenharia Energética	Especialista em Política do IMTT*	Especialista em Política da DGEG**
Gases Industriais	Indústria Automóvel	Indústria Petrolífera
Operador de Energia	Pilhas de Combustível	Política Energética
Segurança Energética	Tecnologia Energética	Transportes e Logística

* Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres

** Direcção-Geral de Energia e Geologia

Com maior ou menor dificuldade conseguiram-se agendar as restantes 18 entrevistas entre Maio e Julho de 2007, o que resultou num contributo muito importante para o projecto. Foi também relevante o facto de apenas um elemento da equipa de projecto ter realizado todas as entrevistas, o que permitiu uma maior uniformização na condução das mesmas, reduzindo assim potenciais enviesamentos na apresentação das questões, ainda que sem intenção, dado que o papel do entrevistador era o de menor interferência possível nas avaliações.

2.2 Entrevistas

Após a marcação das entrevistas e antes da realização destas, os agentes receberam documentação relativa ao projecto HI-PO, nomeadamente a apresentação dos cenários a avaliar e a descrição da metodologia das entrevistas. Esta metodologia está associada ao software MC Mapper, programa de análise multi-critério desenvolvido pela Universidade de Sussex, Reino Unido, que foi utilizado no decurso das entrevistas. Este programa permite registar a avaliação de cada agente aos cenários de hidrogénio e ponderar essas avaliações de acordo com o peso atribuído a cada critério, produzindo gráficos em tempo real que sumarizam essa avaliação.

Procedeu-se à gravação das entrevistas sempre que os agentes a autorizaram, por forma a facilitar e tornar mais fidedigno o posterior processo de análise dos dados, permitindo igualmente que as entrevistas fossem mais breves, devido à menor necessidade de anotar as justificações dos agentes para as diferentes escolhas.

As entrevistas tiveram início com o esclarecimento de dúvidas que subsistissem relativamente aos cenários ou à metodologia de análise multi-critério, tendo-se de seguida solicitado comentários genéricos aos 5 cenários de hidrogénio em avaliação. A estes 5 cenários foi acrescentado um sexto cenário que caracteriza o estado actual e que pretende servir de referência aos restantes cenários de hidrogénio (CAIXA 1).

Cenário 6. Status Quo

- hidrogénio tem um papel negligenciável no sistema energético
- transportes dominados pelo petróleo, proveniente de refinarias centralizadas e transformado em gasolina e gasóleo para os motores de combustão interna dos transportes rodoviários e em querosene e fuel oil para a aviação e transportes marítimos
- combustíveis distribuídos por auto-tanques até às estações de abastecimento
- electricidade distribuída através de rede e gerada por um mix sobretudo de carvão, petróleo, gás natural, hídrica e eólica
- peso crescente das renováveis na produção de electricidade
- calor providenciado pelo recurso a electricidade e gás natural através da rede, com os clientes domésticos das grandes cidades a terem caldeiras ou esquentadores a queimarem gás natural para aquecimento e água quente
- pequena percentagem de calor e electricidade produzidos em centrais de co-geração, essencialmente na indústria

CAIXA 1 – CENÁRIO 6. STATUS QUO

O passo seguinte consistiu na definição de critérios para avaliação dos cenários de hidrogénio. Sempre que os agentes revelaram dificuldade na identificação destes, sugeriu-se um enquadramento de sustentabilidade, com três grandes áreas – ambiente, economia e social – debaixo das quais deveriam os agentes concretizar critérios mais específicos. Pediu-se ainda uma descrição do significado de cada critério criado, por forma a melhor compreender o que estaria a ser alvo de análise.

O terceiro grande bloco desta avaliação, e porventura o mais moroso, residia na atribuição de uma nota numa escala arbitrária (1-5, 1-10 ou 1-100, por exemplo) aos 6 cenários de acordo com os diferentes critérios definidos. A escala maior ou menor não tinha grande relevância dado que o importante eram as diferenças relativas entre os vários cenários e não o valor absoluto da nota atribuída, desde que os valores mais elevados representassem sempre um melhor desempenho desse cenário no critério em consideração.

O último passo foi a atribuição de um peso a cada um dos critérios definidos, de acordo com a sua importância relativa, pelo que mais uma vez a escala não era relevante, mas apenas a distância entre os valores dos diferentes pesos atribuídos. Após este passo, visualizou-se graficamente a súmula da avaliação dos 6 cenários, evidenciando os cenários com melhor e pior desempenho de uma forma global. O programa informático utilizado permitia o recuo às fases anteriores da avaliação, pelo que seria possível repensar

alguma nota, caso fosse do interesse do entrevistado, ou simplesmente perceber a sensibilidade da avaliação à variação de determinada nota ou peso atribuídos.

A finalizar foram apresentados 2 cenários limite, com significativas alterações de contexto face ao que se espera venham a ser os anos que nos separam de 2030-2050, horizonte temporal dos cenários considerados (CAIXA 2). Pediu-se aos agentes que indicassem em que medida estas alterações influenciariam um trajecto para uma economia de hidrogénio, assim como se modificariam os pesos dados aos diferentes critérios. O objectivo desta confrontação foi o de por um lado perceber o que perspectivam os agentes sobre as alterações que enfrentaremos nos próximos 20-30 anos e por outro compreender as considerações de base dos agentes na avaliação dos cenários.

1. Rápidas alterações climáticas

(cenário desenvolvido para o Pentágono por Peter Schwartz e Doug Randall (2003))

- claro aumento dos eventos climáticos extremos em 2010
- arrefecimento acentuado no Norte da Europa, acompanhado de um declínio na precipitação
- nova vaga de modelos e simulações climáticas face à inadequação dos existentes no novo contexto de imprevisibilidade climática em 2015
- êxodo populacional nos países escandinavos com o agravamento das condições de vida
- aquecimento acentuado na Sibéria e Norte do Canadá, levando ao degelo da tundra e consequente libertação de grandes quantidades de CO₂ e metano
- degelo polar e montanhoso conduz ao aumento do nível médio das águas do mar
- complicações no fornecimento de comida leva ao alastramento de conflitos e sofrimento das populações

2. Crise no mercado do petróleo e gás

(baseado nos cenários para o Médio Oriente e Eurásia do US National Intelligence Committee (2004) e nos Cenários Críticos do Ministério da Economia, Comércio e Indústria Japonês (2001))

- agravamento dos conflitos em regiões produtoras de petróleo e aumento acentuado da procura nos países asiáticos provoca severos problemas ao nível da circulação do petróleo e incertezas nos mercados
- após o insucesso da campanha norte americana no Iraque, que deixou o país em prolongada guerra civil, emerge o fundamentalismo na Arábia Saudita e a instabilidade política no Irão, afectando seriamente a indústria petrolífera, nomeadamente ao nível das suas infra-estruturas
- as condições económicas na Rússia mantêm-se em níveis muito baixos, surgindo em 2015 uma espécie de nacionalismo energético através da ideia de subjugação dos países estrangeiros nos mercados de petróleo e gás natural aos interesses russos
- instabilidade prolongada noutros países produtores de combustíveis fósseis, como a Nigéria e Venezuela, contribuem igualmente para a manutenção do preço do petróleo acima dos US\$100/barril

CAIXA 2 – CENÁRIOS LIMITE

2.3 Análise dos resultados das entrevistas

Logo após cada entrevista foram tomadas notas sobre a mesma, como forma de complementar os registos em suporte informático e a gravação. Estas gravações foram posteriormente ouvidas e transcritas todas as referências relevantes para a análise dos resultados.

O processo mais elaborado de análise dos dados recorreu a outro software desenvolvido pela Universidade de Sussex, de seu nome MCM Analyst. Esta ferramenta permite a ligação ao anterior MC Mapper e trabalha os dados deste de modo a cruzar de diversas formas os resultados dos diferentes agentes, conforme se poderá verificar adiante.

3. Resultados

Este capítulo encontra-se dividido em 7 partes, sendo que na primeira são apresentadas algumas notas introdutórias relativas às entrevistas, seguido de comentários dos entrevistados aos cenários em avaliação, bem como os critérios definidos. Na quarta e quinta partes discutem-se as notas atribuídas e os comentários aos resultados finais e cenários-limite, finalizando com o cruzamento dos dados, através de diferentes agrupamentos, e uma análise e discussão dos resultados apresentados.

3.1 Notas gerais sobre as entrevistas

A maioria dos agentes entrevistados teve oportunidade de ler antecipadamente os documentos, pelo que as 2 a 2 horas e meia inicialmente previstas para cada entrevista puderam ser substancialmente reduzidas. Ocorreram mesmo três casos em que os agentes já tinham um conjunto de critérios previamente identificados, tendo inclusive dois desses agentes uma classificação dos cenários atribuída, pelo que a entrevista serviu unicamente para perceber as escolhas, discutir esses valores e verificar o resultado final. De realçar a disponibilidade dos agentes, muitos com respostas bastante elaboradas e devidamente contextualizadas, sendo que apenas um número muito reduzido de entrevistados demonstrou maior pressa na conclusão das entrevistas, com respostas curtas e muitas vezes sem se conseguir perceber as justificações por trás de determinadas afirmações.

Alguns agentes estavam familiarizados com metodologias de multi-critério, tendo um entrevistado frisado que lida com este tipo de análise no seu dia-a-dia profissional. Nota ainda para dois casos, em que os agentes a entrevistar se fizeram acompanhar de colegas que colaboraram igualmente nas entrevistas.

3.2 Cenários

Um dos comentários mais ouvidos ao conjunto de cenários para avaliar foi o de que o futuro do hidrogénio em Portugal não passaria por nenhum destes cenários em particular, mas por uma mistura de vários. O caso das fontes para a produção energética, e de hidrogénio em especial, foi destacado, indicando que a

tendência é cada vez mais para a diversificação ao invés da concentração num número reduzido de fontes, como contemplado em alguns cenários.

Em alguns casos, percebeu-se a existência de algumas dúvidas na compreensão dos cenários apresentados, que se referiam unicamente a hidrogénio e não a cenários para todo o sistema energético, mas que foram rapidamente esclarecidas. Para tal terá contribuído o facto de os cenários reflectirem diferentes níveis de penetração, uns abrangendo vários sectores e outros somente o dos transportes, por exemplo, o que dificultou a análise comparativa.

Explicada a intenção da elaboração de 5 cenários distintos na sua filosofia para permitir uma comparação dos conceitos agregados a cada cenário, todos os agentes concordaram que a esmagadora maioria das possibilidades futuras de uma economia do hidrogénio se encontravam traduzidas nestes cenários, pelo que nenhum avançou para a criação de cenários adicionais.

Foram várias as sugestões feitas, umas conceptuais, outras de integração ou reformulação de componentes nas cadeias. No primeiro capítulo, o *Professor de sustentabilidade energético-ambiental* invocou a necessidade de um exercício prévio a estes cenários, analisando a compatibilização entre a oferta e a procura. Esta abordagem “foca muito o lado da oferta”, considerou, pelo que se deve procurar ao nível de cada necessidade, seja uma fábrica ou um empreendimento turístico, as formas mais naturais de produzir energia.

De modo semelhante, o *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* começou por indicar que previamente aos cenários faz falta um *roadmap* das tecnologias de hidrogénio, evidenciando as que maior potencial têm em diferentes fases de introdução. Realçou os combustíveis líquidos/sintéticos, por serem uma solução mais imediata devido à menor necessidade de infra-estruturas e de logística associada, os hidretos metálicos, avançando que em 2015 já poderão surgir com conteúdos de hidrogénio de 6 e 10%, o que poderá ser uma alternativa importante em termos de transportes, e ainda as pilhas de alta temperatura com reformação interna. As duas primeiras tecnologias foram contempladas nos 5 cenários deste projecto, ficando de fora unicamente as pilhas de alta temperatura, que, de acordo com este especialista, alteram o papel do gás natural nestes cenários, com os significativos ganhos em termos de logística que esta alternativa implica.

Sobre o mesmo tema, mas com uma abordagem diferente, o *Especialista em economia do carbono*, por não se considerar um perito em matéria de tecnologias associadas ao hidrogénio, considerou que é apenas uma questão de tempo para que todas estas tecnologias incluídas nos cenários estejam disponíveis. Raciocínio semelhante foi feito pelo *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade*, que

pensa que a fiabilidade do hidrogénio será um dado adquirido no prazo temporal contemplado nestes cenários.

O *Consultor em gestão da energia* começou a entrevista indicando que a história tem-nos dito que as tecnologias que se propuseram a substituir as fontes de energia actuais “demonstraram ser um conjunto de alternativas para ajudar a resolver o problema energético”, nunca uma só tecnologia se assumiu como sendo “a” solução. O hidrogénio será um importante contributo para a solução, mas quanto mais dispersas estiverem as fontes energéticas melhor a humanidade estará, indicou este agente.

Ainda antes de entrar na análise detalhada dos cenários, o *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* referiu que no seu entendimento deveria existir apenas um cenário global, que contempla um conjunto de possibilidades de fontes, com diversas hipóteses de transporte para um naipe reduzido de utilizações, tal como é apresentado na TABELA 2.

TABELA 2 – CENÁRIO GLOBAL DE HIDROGÉNIO SUGERIDO PELO ENGENHEIRO NA INDÚSTRIA DE PILHAS DE COMBUSTÍVEL

Fontes	Produção	H ₂	1.ª conversão	Transporte	2.ª conversão	Uso final
Renováveis eléctricas	Electrólise		Liquidificação	Auto-tanque	Gaseificação	Transportes
Renováveis térmicas	Termólise		Pressurização	Pipeline e tubos	Despressurização	Produção de energia (dependente do desenvolvimento das pilhas de alta temperatura – se estas vingarem, a rede de gás natural será a principal fonte)
Nuclear	Termólise		Combustíveis sintéticos	Auto-tanque	Reformação nas estações de serviço	
Hidrocarbonetos	Reformação					

Acrescentou que todos estes blocos tecnológicos existem já actualmente e podem ser conjugados, pelo que faria mais sentido analisar este cenário como um todo do que seleccionar parte destas cadeias sem analisar as outras. Apesar deste conceito de cenário para a economia do hidrogénio mais fechado, o *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* não pretendeu a inclusão deste cenário como alternativo aos cenários em estudo, pelo que procedeu à análise dos 5 cenários propostos mais o Status Quo.

Comentário igualmente produzido por este agente, mas que foi seguido por outros entrevistados, prendeu-se com a dificuldade em se estar a pensar a tão longo prazo. Foi enfatizada por diversos entrevistados a volatilidade da economia do hidrogénio, em que pequenas alterações, nomeadamente por parte da indústria, mudam por completo as linhas de orientação até então. Foi mesmo dado o exemplo de uma empresa

internacional de gases industriais que redireccionou as suas atenções para os depósitos de hidrogénio líquido por ser esse o padrão que a indústria automóvel actualmente lhes apresenta.

Mais ampla foi a consideração do *Especialista em economia do carbono* acerca das incertezas inerentes a um tão longo prazo, que referiu que as questões energéticas serão totalmente diferentes do paradigma actual, exemplificando com o caso dos transportes, sector para o qual perspectiva que a ideia de mobilidade associada ao transporte individual tenderá a desaparecer.

O *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* considerou faltar um enquadramento de comparação a estes cenários, ou seja tecnologias alternativas ao hidrogénio, como os automóveis com baterias eléctricas. Neste caso particular acredita que os automóveis do futuro serão de locomoção eléctrica, restando a dúvida sobre o que fornece energia: hidrogénio ou baterias avançadas, como as de lítio, por exemplo.

Sobre as componentes das cadeias em particular, algumas sugestões de alterações foram avançadas, como a do *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* de introduzir a componente de combustíveis sintéticos noutros cenários para além do '5. Pequena escala e combustíveis líquidos', mas que não foram concretizadas em cenários alternativos para avaliação. O *Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio* focou também a sua sugestão nos transportes propondo a inclusão da reformação *on-board*, nomeadamente a partir de biocombustíveis, o que eliminaria os problemas de distribuição do hidrogénio. Este agente, à semelhança do *Professor de sustentabilidade energético-ambiental*, aflorou ainda a criação de um 6.º cenário combinando a produção centralizada com a descentralizada, contexto que perspectiva com fortes possibilidades de ser uma realidade no futuro.

O *Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural* indicou a importância da indústria na economia do hidrogénio, quer na produção de hidrogénio como sub-produto, quer na possibilidade das indústrias funcionarem como consumidores tampão para todos os usos contemplados nestes cenários. Dando o exemplo de uma das unidades da sua empresa, referiu que esta produz em média 1,5 ton/h de hidrogénio como sub-produto, para além de necessitar deste elemento para a dessulfurização do combustível, podendo no futuro vir a necessitar igualmente para os biocombustíveis de 2.ª geração. No seu entender, as indústrias podem utilizar o hidrogénio em qualquer altura, nomeadamente em períodos de menor procura, podendo devolver à rede novamente sob a forma de hidrogénio, como electricidade ou ainda como gás natural que não foi consumido para produzir hidrogénio. Este passo pode ser integrado em todos os esquemas considerados nestes cenários, podendo assim poupar compressões e armazenagens intermédias, com as conseqüentes perdas de eficiência global, uma vez que o consumo na indústria se efectua 24 sobre 24 horas.

Relativamente aos cenários em termos individuais, foram vários os comentários produzidos e que em seguida se apresentam. Diversas referências feitas a um cenário em particular podem aplicar-se a outros cenários semelhantes em determinadas componentes das cadeias, pelo que se aconselha a leitura na íntegra dos comentários aos 5 cenários seguintes.

Renováveis dominantes

As energias renováveis presentes neste cenário deram origem a visões opostas do *Especialista em economia do carbono*, do *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade*, do *Especialista em sistemas energéticos* e do *Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos*. O primeiro vê nelas a principal mais-valia do cenário pela disponibilidade das fontes (excepção feita à geotermia), ao passo que os restantes consideram que as fontes renováveis são escassas para a produção do hidrogénio necessário para a multiplicidade de usos deste cenário.

O *Especialista em economia do carbono* destaca ainda o aproveitamento dos picos de disponibilidade dos recursos para a produção de hidrogénio e o armazenamento. Dá primazia ao eólico e solar, uma vez que não é necessário investir para os ter disponíveis, o que já não sucede com a biomassa. Relativamente aos usos, julga que os transportes devem ser privilegiados, essencialmente os rodoviários, baseando a sua opinião nos dados do modelo Times, que utiliza na sua actividade profissional. Este modelo indica que este é o único sector onde hidrogénio será competitivo sem precisar de incentivos, mesmo em cenários muito restritivos em termos de emissões de CO₂.

Já o *Engenheiro na indústria automóvel* vê como possíveis todas as componentes do cenário tendo apenas algumas dúvidas sobre as ondas/marés, por ser mais difícil de pôr em prática, devido aos avanços lentos na tecnologia. Adepto das renováveis para a produção de hidrogénio, o *Investigador em tecnologia energética* julga que este binómio irá vingar no futuro, contudo mais numa óptica descentralizada, junto da produção, e não da forma preconizada neste cenário.

Mais céptico, o *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* fez uma consideração no início da sua avaliação acerca da magnitude e complexidade deste cenário, indicando que este estará sempre dependente dos desenvolvimentos internacionais na área da energia, nunca especificamente do nosso país.

Apesar de não acreditar neste cenário, o *Consultor em gestão da energia* também sublinha que é essencialmente nos transportes que o hidrogénio tem um papel a desempenhar, comentário no qual é secundado pelo *Engenheiro na indústria automóvel*, estando convicto que daqui por algum tempo (“5 ou 10

anos?) irão existir carros a hidrogénio, sendo este produzido a partir das tecnologias renováveis economicamente viáveis, como o eólico, a biomassa ou a hídrica. De uma forma geral, pensa que o hidrogénio faz sentido como forma de fazer chegar as renováveis onde elas não estão presentes actualmente. Onde a rede eléctrica já está presente, essa é a melhor forma de fazer chegar energia, com pequenas perdas, “na ordem dos 5% ou menos”, não ocorrendo as enormes quebras de rendimento, “30-40-50%”, na sua transformação em hidrogénio. Destacou ainda o papel importante que o hidrogénio pode ter no armazenamento a partir das renováveis em períodos fora de pico, mas mesmo aí refere a capacidade de acumulação recorrendo à bombagem nas barragens, com rendimentos na ordem dos 90%.

Mais além foi o *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade*, que vê no hidroeléctrico uma solução com maior potencial para o armazenamento de energia, até pela forte aposta política actual neste sector. Em alternativa poderão mesmo surgir outros sistemas de armazenamento em larga escala, como as baterias de fluxo (“também conhecidas como pilhas de combustível regenerativas, como as baterias de vanádio, redox”). Este tipo de baterias poderá ter um papel importante no curto prazo devido aos baixos custos, “equiparáveis a uma central hidroeléctrica de bombagem pura”.

Por seu lado, o *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* não acredita que as fontes renováveis aproveitadas no máximo da sua capacidade venham a ser dominantes, quer para a produção de hidrogénio quer de electricidade, posição coincidente com a do *Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos*, apesar de deverem ser apoiadas e incentivadas no limite das suas capacidades e potencialidades. Justifica esta opinião referindo que as renováveis são fontes dispendiosas para a produção de hidrogénio, nomeadamente no que respeita ao armazenamento após electrólise, tornando este cenário demasiado caro. Considera que existem outras fontes mais simples e baratas de produzir hidrogénio, devendo as renováveis ser unicamente utilizadas para este fim com o intuito de aproveitar a energia sobejante em horas fora de pico.

O *Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos* acrescenta que só vê a produção de hidrogénio a partir de renováveis em períodos de falta de procura para armazenamento de energia, mas apenas na inexistência de outros esquemas mais rentáveis. Em períodos de ponta julga ser insustentável produzir hidrogénio a partir destas fontes, “a menos que seja necessário transportá-la e não haja outra hipótese, uma vez que os rendimentos associados derrotam qualquer transformação em hidrogénio”. Olhando para o futuro, mesmo no prazo temporal previsto, não prevê que ocorram mudanças significativas que permitam alterar este panorama. “Por muito que o rendimento suba, na transformação da energia eléctrica em hidrogénio, mesmo que se chegue aos 80-85% de eficiência, há sempre 15 a 20% de perdas”.

Pela sua experiência na área, foram questões tecnológicas que centraram os comentários do *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* a este cenário. Do lado das dúvidas surgem os *pipelines* como forma de

distribuição de hidrogénio, opção em que não acredita, devido à grande pressurização que é necessária, opinião partilhada pelo *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* que também mencionou os custos envolvidos, e os outros usos que não os transportes, por não serem competitivos, nomeadamente na co-geração, onde as pilhas de combustível a altas temperaturas vão sempre recorrer ao gás natural, pela maior facilidade de acesso. Mais favoráveis foram os comentários referentes aos hidretos, uma forma interessante de armazenar hidrogénio em viaturas, embora actualmente ainda não sejam viáveis “com a tecnologia de 2%, mas poderá ser no futuro a 6, 8 ou 10%”, e os nanotubos, que podem surgir como forma de transporte, embora só a pressões muito altas.

Igualmente crítico deste cenário, o *Especialista em política energética da DGEG* diz que a associação das centrais de energias renováveis ao hidrogénio faria mais sentido se estas não tivessem ligação à rede e só produzissem hidrogénio. Quando ligadas à rede, devem concentrar-se na produção de electricidade, dado que passar a energia por hidrogénio para depois a injectar na rede eléctrica traz perdas de eficiência.

O *Investigador em ciência dos materiais para a energia* salientou que à semelhança das renováveis, também o hidrogénio está associado à descentralização da produção de energia, pelo que a ligação entre estas duas componentes energéticas faz todo o sentido. Sublinhou ainda que o aproveitamento dos recursos locais é muito importante pelas vantagens económicas e logísticas que possui. Este agente enalteceu mesmo o papel que a energia solar e das ondas/marés pode desempenhar em Portugal e, generalizando, referiu que o país não pode fugir às energias renováveis tendo em conta as metas políticas traçadas. No entanto, discordou do recurso ao solar fotovoltaico em zonas rurais, mencionando que esta tecnologia carece de grandes investimentos, os quais normalmente se centram noutras zonas do país, e indicando o eólico como uma tecnologia mais adequada a este fim.

Em termos das restantes componentes das cadeias deste cenário, o *Investigador em ciência dos materiais para a energia* realçou que os *pipelines* e os hidretos são as formas mais lógicas, essencialmente no caso desta última tecnologia, especialmente adequada à componente estacionária, como as unidades de co-geração e também como forma de armazenamento a partir das renováveis. Pelo contrário, os nanotubos suscitam-lhe algumas dúvidas pelo atraso no seu desenvolvimento tecnológico. Concluiu, aludindo à pluralidade do cenário, onde todos os usos previstos são possíveis.

Não renováveis e bioenergia centralizadas

O *Engenheiro na indústria automóvel* começou por tecer comentários abonatórios às fontes não renováveis presentes neste cenário, indicando que existe muito carvão disponível, que se pode utilizar para a produção de hidrogénio, mas a sua preferência recai mesmo sobre o nuclear, fonte que acredita vir a ser primordial

para a produção de electricidade no futuro. Esta electricidade será utilizada para a electrólise da água, a qual está presente em qualquer parte, sendo ainda fácil de transportar. Mais complicada pode ser a disponibilidade de gás natural daqui por uns anos e até mesmo ao carvão pode ser dificultado o acesso, mas o nuclear estará sempre mais disponível. Um pouco mais reticente, o *Investigador em tecnologia energética* vê neste cenário uma etapa de transição para uma futura economia do hidrogénio. Menos céptico quanto ao futuro do gás natural e carvão, o *Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos* vê nos cenários assentes nestas energias fósseis tradicionais os mais plausíveis.

Críticas ao nuclear vieram de diferentes quadrantes e com justificações distintas. O *Consultor em gestão da energia* mencionou as resistências de aceitação pública de um projecto deste género, facto a que juntou o actual contexto político nacional e o tempo de construção de uma central destas, para inviabilizar por completo a sua activação em 2030. O *Investigador em ciência dos materiais para a energia* centrou a sua discordância com o recurso a esta fonte na escassez de recursos humanos especializados nesta área, o que obrigaria a grandes investimentos, comentário que depois acabou por alargar a todo o cenário.

Por seu turno, o *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* criticou a inclusão desta “energia de base” neste cenário por considerar que em Portugal colocaria em causa o programa de energias renováveis e que não serviria para acorrer aos principais problemas energéticos nacionais, que se centram nos transportes e não na produção de electricidade. Para além disso levantou a questão da escassez das reservas para a produção nuclear, citando um especialista num seminário internacional realizado semanas antes. Ainda assim, caso esta opção fosse adoptada, deveria ser com tecnologia de altas temperaturas e a produzir calor, e não electricidade, e a partir deste produzir hidrogénio por termólise. Em termos de infra-estruturas, voltou a referir as dúvidas que lhe levantam os *pipelines* para transporte de hidrogénio a grandes distâncias, pelas elevadas pressurizações requeridas, mais uma vez secundado pelo *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade*, o qual referiu ainda ter algumas dúvidas técnicas relativas à reconversão dos *pipelines* de gás natural para hidrogénio. Também crítico dos *pipelines*, mas por razões distintas, o *Consultor em gestão da energia* indica que faz mais sentido a produção distribuída do hidrogénio a partir da energia eólica, por exemplo, “se calhar daqui por algum tempo, muitas estações de abastecimento terão o seu aerogerador a produzir o hidrogénio e a vender a quem lá passa”.

Já o *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* considera, tal como o *Engenheiro na indústria automóvel*, que a resistência actual à energia nuclear será ultrapassada e que esta é uma fonte de energia com futuro em Portugal, essencialmente se for de 4.^a geração com processos térmicos, mais eficientes para a produção de hidrogénio que a electrólise numa “geração 3+”. Este último processo não é no entanto de excluir, essencialmente na inexistência de outras alternativas e durante os períodos de baixa produção eléctrica. A existência de uma central nuclear em Portugal pode mesmo potenciar a economia do

hidrogénio, podendo este ser produzido a partir do nuclear em períodos de menor procura por electricidade ou quando as fontes renováveis estiverem a assegurar uma maior fatia da electricidade produzida.

O *Engenheiro na indústria dos gases industriais*, apesar de se considerar uma “pessoa das renováveis”, julga que o nuclear vai ser a grande fonte do hidrogénio e que terá uma importância fundamental no futuro. Não crê que se possa produzir hidrogénio somente baseado em renováveis, sendo o nuclear a forma mais barata “de longe” não só para o hidrogénio como para a produção de electricidade. Em termos ambientais acredita que as emissões de CO₂ acabarão por se sobrepor aos resíduos que o nuclear produz, conferindo uma vantagem ambiental a esta fonte.

Voltando ao *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade*, este agente levantou ainda algumas dúvidas relativamente ao menor número de usos idealizado para o hidrogénio neste cenário, mais uma vez em paralelo com o *Engenheiro na indústria automóvel*, pensando fazer mais sentido ter aqui mais usos do que no cenário 1, dado que estas fontes permitem maior disponibilidade de hidrogénio e a menores custos do que no caso das renováveis. O entrevistador explicou o contexto deste cenário, que contempla uma grande disponibilidade das fontes não renováveis e a baixos custos, levando a que estas fontes fossem utilizadas directamente nos sectores industrial e doméstico, tendo o agente concordado com o sentido do cenário e a preconizada limitação dos usos ao sector dos transportes. Não deixou no entanto de suscitar as dúvidas que lhe deixam a captura e sequestro de carbono (CCS no acrónimo inglês) associado ao gás natural, processo mais complicado e dispendioso que no caso do carvão, embora não colocando em causa o seu sucesso, até pelo número de experiências em curso a este nível.

Igualmente céptico quanto ao sucesso tecnológico da CCS mas de uma forma geral, o *Investigador em ciência dos materiais para a energia* considera-o muito dispendioso, mesmo tendo em conta o binómio custo vs. multas, rodeando-o de muitas incertezas em termos de desenvolvimento tecnológico. Relativamente às energias renováveis aqui presentes, manifestou a sua preferência pelas fontes deste cenário sobre as do cenário anterior, por serem mais baratas e facilmente acessíveis para a produção de hidrogénio. Opinião contrária à do *Consultor em gestão da energia* que vê já hoje em dia o eólico como sendo competitivo, pelo que deveria estar aqui integrado. Referiu ainda assim, que esta fonte tem um problema associado à eficiência da electrólise, mas que se espera que nos próximos 5 anos o desenvolvimento tecnológico duplicará este rendimento.

Mais optimista está o *Especialista em economia do carbono* que considera o carvão com CCS claramente competitivo, mais uma vez baseando o seu comentário nos resultados do modelo Times, a que junta o relatado por artigos científicos recentes que avançam a comercialização desta tecnologia dentro de 10 anos. Este estado de desenvolvimento leva a que o privilegie em detrimento da CCS associado ao gás natural essencialmente por uma questão de custos, sendo o carvão muito mais barato que o gás natural. A única

dúvida provém da incógnita em termos do comportamento da disponibilidade e dos preços do carvão no futuro, sobretudo devido à procura da China. Por último, destacou a importância deste cenário relativamente ao sector dos transportes, pelas razões já avançadas nos comentários ao cenário anterior, facto também evidenciado pelo *Especialista em política energética da DGEG* e pelo *Consultor em gestão da energia*.

Este último agente realçou que, em comparação com o cenário 1, faz mais sentido ter-se hidrogénio para os transportes rodoviário, marítimo e ferroviário – “embora aqui a própria rede eléctrica possa resolver o problema” – do que para aplicações estacionárias. Salientou mesmo que não vê muito mais aplicações para o hidrogénio senão os transportes, “com a panóplia de fontes que temos para quê fazê-las passar por hidrogénio? Posso queimar biomassa ou gás natural para ter calor e para produzir electricidade utilizo directamente estas fontes”.

Electricidade descentralizada

A mais-valia da descentralização da produção de energia foi o facto mais positivo enaltecido pelo *Especialista em economia do carbono* relativamente a este cenário, sublinhando ser este o paradigma com que mais concorda, pela micro-geração e rede distribuída, onde não há distribuição, logo não há perdas. Posições similares assumiram o *Engenheiro na indústria automóvel* que destacou a maior adaptabilidade da produção de hidrogénio às necessidades, o *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* simpaticizando com a utilização de uma infra-estrutura já existente, logo menos comprometedora, o *Investigador em tecnologia energética* e o *Consultor em gestão da energia*. Este último ressalva, no entanto, a necessidade de electrólises mais eficientes, tendo descartado a utilização doméstica e apostando nos transportes, desde que se assegure que uma boa parte dessa electricidade provenha de fontes renováveis. Referiu que desta forma, ao passar tudo pela rede eléctrica, se está a aumentar a dimensão desta e a possibilitar um crescimento do contributo das renováveis, existindo ainda outro factor positivo associado à possibilidade das pequenas eólicas e solares passarem a ter capacidade de acumulação e assim produzirem hidrogénio. Por tudo isto considera que este cenário é de mais fácil implementação que o cenário 1, por exemplo.

No entanto, um dos comentários prévios mais ouvido acerca deste cenário prendeu-se com a ineficiência energética associada às diversas conversões necessárias à produção de hidrogénio. Este facto foi realçado, entre outros, pelo *Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural*, que questionou “para quê produzir hidrogénio a partir de electricidade para depois produzir novamente electricidade?” e pelo *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* que apelidou mesmo este cenário de “aberração termodinâmica”, acrescentando que se estaria a usar “6kWh para produzir 1kWh de hidrogénio”, não vendo que seja uma solução a considerar.

Neste lote inclui-se ainda o *Dirigente de associação nacional de hidrogénio* para o qual o cenário faz pouco sentido, uma vez que a electricidade já custa muito a obter, é uma matéria-prima de luxo, e introduzir mais um passo na cadeia provoca um grande rombo em termos de eficiência. “Esta electricidade deve ser usada em aplicações onde a eficiência seja muito elevada, como a energia eléctrica, os motores eléctricos”. Acrescentou ainda que se o mundo fosse todo nuclear, por exemplo, em que a capacidade de produção de electricidade seria muito elevada, então aí “mais MJ, menos MJ, não faria grande diferença”, e a electricidade poderia ser utilizada sem grandes preocupações para a produção de hidrogénio.

Este cenário não reuniu igualmente as preferências do *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* por uma série de razões: sobrecarga da infra-estrutura eléctrica, reservas quanto à micro-geração e custos da electrólise local. Relativamente à capacidade da rede de electricidade, indicou que esta actualmente não está muito folgada, mas por outro lado, e em comparação com os cenários centralizados, seria certamente menos dispendioso adaptar esta rede do que investir em novas infra-estruturas de distribuição dedicadas, simplesmente pelo facto de a primeira ser uma tecnologia perfeitamente dominada, ao passo que estas últimas são desconhecidas. As reservas sobre a micro-geração estão associadas ao clima de Portugal, e de outros países do Sul da Europa, onde o calor não consegue ser aproveitado, o que a torna menos apelativa em termos económicos e de eficiência térmica. Já no que toca à electrólise, se a centralizada já é cara, mais dispendiosa ainda é a descentralizada, a que se junta o facto de este modelo de produção de hidrogénio incorrer em demasiadas conversões, penalizador em termos de eficiência energética.

O *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* referiu também que as soluções descentralizadas são economicamente pouco competitivas, à semelhança do que sucede com a utilização do hidrogénio noutras aplicações para além dos transportes, tal como já havia adiantado nos comentários ao primeiro cenário.

Para além do comentário à ineficiência energética já citado, o *Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural* acrescentou que as unidades de co-geração domésticas e industriais são pouco eficientes se o hidrogénio provir da rede eléctrica, só fazendo sentido se recorrer ao gás natural. Embora sendo favorável à micro-geração de uma forma geral, não concorda com a forma contemplada neste cenário, comentário igualmente produzido pelo *Investigador em ciência dos materiais para a energia*. Este último agente catalogou ainda este cenário como credível, embora apresentando problemas já relatados nos cenários anteriores, essencialmente no que toca aos custos, ao armazenamento e ao transporte do hidrogénio.

Precisamente o armazenamento a partir das renováveis foi focado pelo *Engenheiro na indústria automóvel* como uma vantagem, de modo a não sujeitar o sistema aos picos da rede eléctrica, precavendo ainda

problemas com a distribuição, “assim ninguém nos corta os cabos, ninguém nos corta os cabos cá dentro”. Visão oposta tem o *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* que vê noutras tecnologias formas mais adequadas e menos dispendiosas de armazenar esta energia, tal como referido nos comentários ao cenário 1.

Gás natural descentralizado

“Contra-ciclo” é como classifica o *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* este cenário, realçando que o grande investimento em gás natural agrava problemas de dependência externa, indo contra as directivas europeias, as quais apontam para a diversificação das fontes. Numa óptica de variedade do *mix* energético, teria que haver aqui algum peso das renováveis, nomeadamente no caso da biomassa para a co-geração ou da hídrica. Enalteceu ainda as dúvidas que lhe suscitam os rendimentos de conversão, “mas isto é pedra de toque de isto tudo, espera-se que evolua até lá”. Tal como já havia referido para o cenário 2, o *Investigador em tecnologia energética* considera que este cenário faz mais sentido numa fase de transição para uma economia do hidrogénio do que vir a ser o paradigma energético daqui por 30 ou 40 anos.

Para o *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* mais uma vez são os factores económicos que o levam a criticar este cenário, essencialmente pelo custo do gás natural e consequente custo do hidrogénio produzido a partir desta fonte. Mais positiva é a questão das infra-estruturas contempladas, sendo de enaltecer o recurso à reformação, mais barata e eficiente que a electrólise. Também centrado na questão das infra-estruturas, considerou o *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* que pequenas redes de *pipelines* são mais facilmente exequíveis que grandes redes, apesar das dúvidas suscitadas pela menor competitividade das soluções descentralizadas.

Na incoerência centra o *Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural* o seu principal comentário a este cenário. Alega que faz mais sentido utilizar o gás natural na co-geração industrial e o carvão na produção de electricidade para os carros eléctricos do que o inverso, previsto para este cenário.

Apesar das dúvidas que lhe merecem o desenvolvimento tecnológico da CCS e dos custos inerentes, o *Investigador em ciência dos materiais para a energia* considera que este cenário peca pela sua ausência quando associado ao gás natural. Em sentido inverso, realçou a optimização de recursos da utilização do hidrogénio produzido nas centrais térmicas a carvão nas indústrias situadas em redor destas unidades.

Igualmente crítico, o *Consultor em gestão da energia* não concorda com as premissas deste cenário, “não é esta a tendência actual, o gás natural está associado ao petróleo, logo o seu futuro é questionável, consumir gás natural ou petróleo é igual”. Para além deste cenário ir contra as apostas claras da União Europeia (UE), este agente refere que a lógica do hidrogénio está associada às renováveis, não passa por combustíveis fósseis, os quais vão continuar a ser aplicados directamente, evitando as perdas de rendimentos nas transformações. Concluiu, exemplificando com os pressupostos de base do cenário que caso se concretizem, levariam a que fizesse mais sentido utilizar directamente o gás natural nos transportes ou o carvão na co-geração industrial.

Opinião oposta tem o *Especialista em sistemas energéticos* que destaca exactamente a co-geração como uma das vantagens deste cenário pelo aumento de eficiência que acarreta – 60 a 70% –, avançando mesmo ser este um dos cenários em que mais acredita, apesar da inexistência da CCS. Em sintonia está o *Engenheiro na indústria automóvel*, considerando ser este um cenário bem pensado, aproveitando a rede de distribuição de gás natural já existente e que assim é maximizada, dando como exemplo a ‘Home Energy Station’ da Honda, uma solução idêntica de fornecimento de hidrogénio a veículos automóveis com base em reformadores de gás natural domésticos. Também o *Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos* tece comentários positivos em relação a este cenário, pela presença das energias fósseis tradicionais. Exemplificou com o bom rendimento na transformação do gás natural em hidrogénio e na sua utilização nos transportes. “O gás natural nos transportes apresenta rendimentos da ordem dos 18-20% nos motores de combustão interna, ao passo que com as pilhas de combustível os rendimentos sobem para quase 60%, ou seja o que se perde na transformação do gás natural em hidrogénio recupera-se pelo recurso à pilha”.

Pequena escala e combustíveis líquidos

Adepto dos combustíveis líquidos, o *Investigador em ciência dos materiais para a energia* indicou que estes resolvem os problemas de distribuição e armazenamento, aproveitando as infra-estruturas existentes, indo de encontro “ao que já existe hoje em dia em termos de formatação das mentes e dos meios”, em linha com os comentários do *Especialista em economia do carbono* e do *Engenheiro na indústria automóvel*. Contudo, levanta algumas dúvidas o recurso ao metanol, que pela experiência profissional na sua instituição ainda está distante de poder ser utilizado na forma preconizada neste cenário. Dúvidas que são acompanhadas pelas do *Consultor em gestão da energia*, sugerindo a utilização directa do hidrogénio, podendo o metanol surgir apenas numa fase transitória. Ainda assim, estas reservas não impedem que este agente considere este cenário como um dos que mais acredita, principalmente pela criação de pequenos pólos integrados na rede eléctrica e com capacidade de armazenamento, facilitando assim a gestão da rede. Adicionalmente, o facto de todo o hidrogénio provir de energias renováveis dá-lhe pontos extra.

Novamente supostas incoerências no cenário foram apontadas, desta vez entre a referida menor competitividade das renováveis face aos combustíveis fósseis e a utilização do hidrogénio em zonas rurais, quando já há uma rede eléctrica aí disponível, sublinhado pelo *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade*, e entre o aparente pouco hidrogénio produzido através das renováveis para tão grande utilização na produção de metanol, facto que mais saltou à vista do *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade*. No entanto, a essência deste quinto cenário é do agrado deste agente, considerando que o metanol podia mesmo ter integrado outros cenários pelas mais-valias inerentes, nomeadamente por aliviar as infra-estruturas. Referiu ainda que em situações locais, nomeadamente em ilhas, onde sobra energia renovável, este cenário seria valorizado pelo seu custo de oportunidade. O *Engenheiro na indústria automóvel* acrescentou que o metanol tem na sua densidade energética um dos seus pontos mais fortes.

O *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* arvorou a questão sobre se será mais interessante utilizar estes combustíveis sintéticos directamente nos carros e fazer a reformação *on-board* ou se mais valerá fazer a reformação destes combustíveis em hidrogénio nas estações de abastecimento. Na origem desta dúvida está uma recente deliberação do Departamento de Energia americano que cortou as verbas de financiamento aos projectos de reformação *on-board*. Por outro lado, referiu o potencial que a electrólise dos combustíveis sintéticos poderá ter no futuro.

Outro tipo de considerações teceu o *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* que vê na co-geração uma forma de aumentar o rendimento dos processos, mas no contexto deste cenário o rendimento de conversão desta electricidade produzida a partir de fontes renováveis em hidrogénio teria de superar o uso da electricidade directamente. Adicionalmente, percebe que se fale em produção de hidrogénio em zonas remotas, porque de outra forma o hidrogénio não poderia lá chegar, mas julga que para surgir aqui teria de estar largamente disseminado nas grandes metrópoles, nunca surgiria primeiro aqui. Por último, discute que à biomassa aqui presente falta CCS para a tornar competitiva, embora se possa considerar que este CO₂ é nulo devido ao CO₂ absorvido ao longo do tempo de vida das árvores.

Num raciocínio similar surgem os comentários do *Dirigente de associação nacional de hidrogénio* que considera que o “empurrão” para o hidrogénio tem de ser grande e não de pequena escala, apesar de acreditar que esta terá o seu papel. Acredita, por outro lado, que o metanol, até prova em contrário, não faz parte da solução, a avaliar pela visão das grandes petrolíferas e da indústria automóvel. Mais crítico, o *Investigador em tecnologia energética* considerou mesmo este cenário como o “mais absurdo e menos realista”, entre outras razões porque acredita mais no uso de hidrogénio directamente nos transportes.

3.3 Critérios

Diversos agentes demonstraram alguma dificuldade em definir critérios para a avaliação dos cenários. No sentido de tornar o raciocínio mais expedito, o entrevistador quase sempre sentiu necessidade de avançar com a sugestão de enquadramento dentro das 3 áreas da sustentabilidade: ambiente, economia e social. Muitos agentes seguiram esse enquadramento, especificando pelo menos um critério ambiental e outro económico, sendo que no campo social, nem sempre foram identificados critérios. Este enquadramento proposto teve as suas virtudes, na facilitação do raciocínio para a identificação dos critérios, mas nalguns casos limitou a criatividade e a ponderação, tendo mesmo ocorrido casos em que os agentes tentaram “encaixar” critérios em cada uma destas áreas – “ora, no social o que é que vamos aqui arranjar?” –, o que acabou por se reflectir no menor peso atribuído a estes, como se comprovará mais à frente. Alternativa foi a proposta do *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* que preferiu pensar em outros 3 vectores, os da “sustentabilidade ao nível energético/abastecimento de electricidade”: segurança do abastecimento, competitividade (custo da energia) e ambiente.

Em diversos casos foram ainda definidos vários critérios fora destas 3 áreas da sustentabilidade. Pela homogeneidade de alguns desses critérios, criaram-se as áreas de ‘Tecnologia’, frequentemente referida como uma barreira importante, e de ‘Dependência externa’, um dos três pilares das políticas energéticas actuais. Os restantes critérios mais heterogéneos ficaram agrupados sob a designação de ‘Outro’. Optou-se por incluir nesta última categoria os critérios de balanço/eficiência energética pela definição e classificação dada a estes pelos agentes, focando mais a questão do maior ou menor número de conversões energéticas, o que acaba por ser mais uma barreira conceptual dos diferentes cenários do que tecnológica. De referir que o agrupamento dos critérios patente na TABELA 3 foi feito posteriormente à realização das entrevistas pela equipa de projecto.

Alguns agentes optaram por não seleccionar determinados critérios que consideravam importantes por se reportarem a áreas que não dominam, nomeadamente no domínio do estado da tecnologia, dos custos e da eficiência energética. As soluções encontradas foram diversas, desde a assunção de que a disponibilidade de todas estas tecnologias é uma questão de tempo e não uma impossibilidade, tal como referiu o *Especialista em economia do carbono* e o *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade*, ou a substituição do critério ‘Custos’ por outro dentro da mesma temática, conforme optou ainda o *Especialista em economia do carbono*, ou ainda a simples eliminação do critério, alternativa encontrada pelo *Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio*. O *Consultor em gestão da energia* para além dos 4 critérios que criou referiu que outras questões de menor importância poderiam ser tidas em conta, como a aceitação pública ou a manutenção das políticas actuais, mas julga que estes critérios não são determinantes, no primeiro caso, ou impossíveis de medir, no segundo. Por outro lado, o

Dirigente de associação nacional de hidrogénio desvalorizou as questões sociais, não vendo este como um vector importante neste âmbito. Sublinhou que o que move a economia do hidrogénio é aliviar a dependência energética do país de zonas perigosas e instáveis do mundo, ter combustíveis que não poluam localmente e que consiga atacar o aquecimento global. Contudo, indicou que não tem a certeza que venha a ser o hidrogénio a resolver todos estes problemas, “não sei se economicamente é viável, se baixa o CO₂ e o consumo energético”.

TABELA 3 – LISTA COMPLETA DE CRITÉRIOS POR AGENTE

Agente	Grupo de critérios	Crítérios
Especialista em economia da energia e do ambiente	Ambiente	Emissões de CO ₂
	Dependência externa	Dependência externa
	Economia	Custo/investimento
	Economia	Criação de emprego
Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade	Economia	Custos globais
	Social	Aceitação pública
Engenheiro na indústria de pilhas de combustível	Ambiente	Impactes ambientais
	Dependência externa	Segurança no abastecimento
	Economia	Impacte macroeconómico
	Economia	Investimento
	Tecnologia	Estado da tecnologia
Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural	Ambiente	Emissões de gases com efeito estufa
	Dependência externa	Segurança do abastecimento
	Economia	Custos de produção e logísticos
	Social	Diversidade de oferta
Engenheiro na indústria dos gases industriais	Ambiente	Aquecimento global
	Economia	Custos globais
	Outro	Disponibilidade das fontes energéticas
	Social	Segurança pública
Investigador em ciência dos materiais para a energia	Ambiente	Impactes ambientais
	Economia	Custos e competitividade
	Outro	Apoio político
	Social	Utilização dos recursos locais
	Tecnologia	Barreiras tecnológicas
Dirigente de associação nacional de ambiente	Ambiente	Emissões de CO ₂
	Economia	Custo da unidade energética
	Social	Acesso à tecnologia
	Tecnologia	Viabilidade tecnológica
Especialista em economia do carbono	Ambiente	Gases com efeito estufa
	Dependência externa	Recursos endógenos
	Economia	Inovação como factor de competitividade económica
	Social	Organização social
Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio	Ambiente	Emissões de CO ₂
	Dependência externa	Segurança do abastecimento
	Economia	Investimento
Especialista em política energética da DGEG	Ambiente	Emissões de CO ₂
	Economia	Custos de investimento e de operação
	Outro	Balço energético
	Tecnologia	Barreiras tecnológicas

Consultor em gestão da energia	Ambiente	Emissões de gases com efeito estufa
	Economia	Custos da unidade energética
	Tecnologia	Eficiência das tecnologias
	Tecnologia	Industrialização das tecnologias
Professor de sustentabilidade energético-ambiental	Ambiente	Recursos energético-ambientais
	Economia	Compatibilização oferta/procura
	Outro	Descentralização da produção
Especialista em sistemas energéticos	Ambiente	Emissões de CO ₂
	Dependência externa	Consumo de combustíveis não renováveis
	Economia	Custo da unidade energética
	Economia	Investimento em infra-estruturas
	Economia	Emprego
	Social	Aceitação pública
Engenheiro na indústria automóvel	Ambiente	Emissões
	Economia	Custos globais
	Social	Impactes sociais
Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade	Ambiente	Impactes ambientais
	Dependência externa	Dependência energética
	Economia	Criação de oportunidades
	Economia	Custos da energia/competitividade
	Outro	Segurança de abastecimento (operacional)
Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos	Ambiente	Impactes ambientais
	Outro	Eficiência energética
	Social	Adesão do público
Dirigente de associação nacional de hidrogénio	Ambiente	Ciclo do CO ₂ e balanço energético
	Dependência externa	Segurança no abastecimento
	Economia	Custo da unidade energética
	Economia	Geração de riqueza interna
Investigador em tecnologia energética	Ambiente	Emissões de CO ₂
	Economia	Custos de investimento
	Economia	Competitividade
	Economia	Emprego

De um total de 74 critérios – média de mais de 4 critérios por agente –, as áreas da ‘Economia’ e ‘Ambiente’ foram quase unânimes para todos os agentes, apenas num caso em 18 para cada não foram consideradas para a identificação de critérios. As excepções foram a do *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* que não incluiu nenhum critério ambiental por ter internalizado estas questões nos custos e a do *Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos* que inicialmente considerou o critério ‘Custos’, mas que após reflexão optou por retirá-lo, indicando que “se não houver rentabilidade ninguém investe”. Óptica semelhante tem o *Professor de sustentabilidade energético-ambiental* que avançou no início da definição de critérios a decisão de não incluir a componente económica na avaliação, que apesar de reconhecer ser um critério “fatal”, desvaloriza-o¹. Deu o exemplo do investimento em parques eólicos que já totaliza €6000M em Portugal, o equivalente a “2 Aeroportos da Ota”, valores que no entanto não foram muito comentados, demonstrando que quando o investimento é rentável, ele é feito sem grandes problemas. Por

¹ Apesar desta referência, a equipa de projecto optou por categorizar como económico o critério ‘Compatibilização oferta/procura’ criado por este agente

outro lado indicou que a viabilidade económica das diferentes soluções “é uma falácia, vivemos num mundo energético completamente falso devido à fiscalidade, dado que 3/4 do preço dos combustíveis são impostos e a electricidade é constantemente alvo de tentativas de abaixamento de preços”.

O maior número de critérios gerado acentuou a importância da área económica, seguida do ‘Ambiente’ (FIGURA 1). O número de critérios por agente foi desde os 2 do *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade*, entrevista que curiosamente foi das mais longas, aos 7 do *Especialista em sistemas energéticos*.

Olhando para os critérios dentro de cada área, vemos que são muito semelhantes de agente para agente, reflectindo as principais questões com que se depara a temática da energia e que levam à consideração do hidrogénio como solução. De um lado as principais forças motrizes da economia do hidrogénio como as emissões de CO₂/gases com efeito estufa (GEE) e a dependência externa/segurança no abastecimento, do outro as barreiras como os custos de investimento e de produção e o desenvolvimento tecnológico. Estes critérios foram bastante homogéneos para os diferentes agentes nas áreas do ‘Ambiente’, ‘Dependência externa’, ‘Economia’ e ‘Tecnologia’, respectivamente, sendo mais díspares os critérios sociais, focando diversos temas como a aceitação pública ou a diversidade de oferta entre outros.

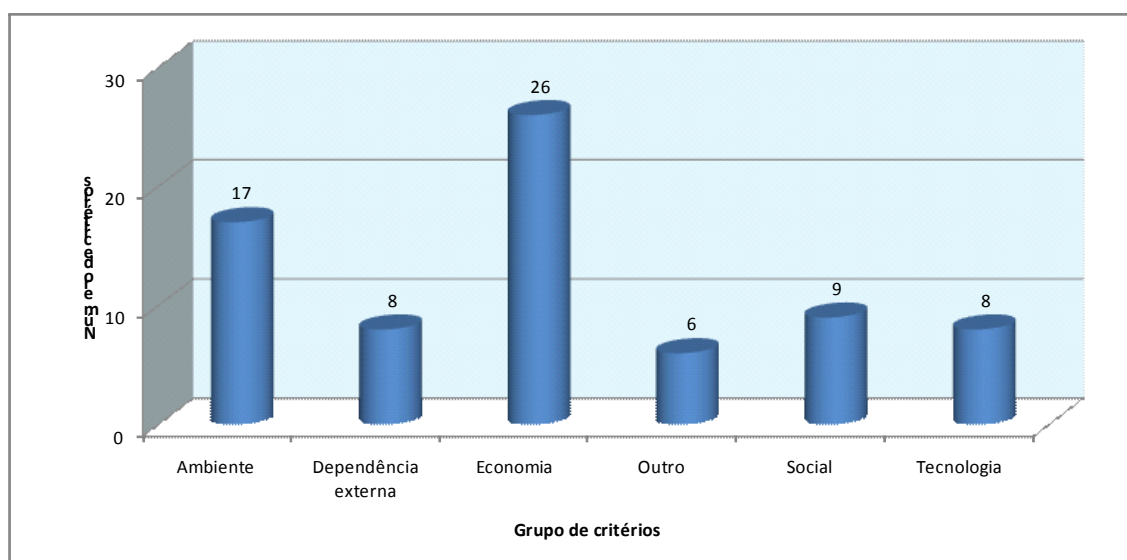


FIGURA 1 – NÚMERO DE CRITÉRIOS POR GRUPO

De referir que apesar de praticamente todos os agentes terem incluído o ‘Ambiente’ nos seus critérios, nenhum particularizou mais de um critério nesta área, nem mesmo os agentes mais ligados a esta área, o

que parece indicar a importância com que hoje em dia é vista a questão das alterações climáticas, aqui reflectida nas emissões de CO₂ e de GEE, que centra as atenções em termos ambientais.

3.4 Classificação e pesos

Ao abordarem anteriormente de forma genérica os cenários, foi perceptível a preferência de diversos agentes por determinados cenários ainda antes de entrarem na sua classificação. Curioso foi registar que algumas vezes esses cenários favoritos não foram os melhores classificados no final desta etapa.

Como seria esperado, esta foi a fase mais demorada das entrevistas, com diversos agentes a terem dificuldade na atribuição das notas aos diferentes cenários. Essas dificuldades resultaram inclusivamente na redefinição, cisão ou mesmo eliminação (TABELA 4) de alguns critérios por serem dificilmente mensuráveis ou demasiado amplos, por vezes englobando mesmo questões antagónicas em termos de avaliação, como por exemplo o critério 'Economia' inicialmente criado pelo *Dirigente de associação nacional de hidrogénio* que defendeu que o mesmo deveria ser considerado de uma forma integrada, contemplando tanto os custos da unidade energética como a geração de riqueza no país. Na fase de avaliação percebeu a dificuldade em atribuir uma só nota, dado que se tratam de questões por vezes opostas, levando à separação deste critério em dois.

TABELA 4 – CRITÉRIOS ABANDONADOS

Agente	Critério	Motivo
Especialista em economia da energia e do ambiente	Preços dos combustíveis alternativos	Abandonado na fase de classificação por não ser passível de classificar, sendo inclusive um pressuposto para alguns cenários
Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio	Eficiência energética	Substituído por outro critério por desconhecimento do rendimento associado a algumas fontes/tecnologias e impossibilidade de avaliar o cenário como um todo
Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos	Custos	Substituído por outro critério porque não está muito preocupado com os custos/necessidades de investimento, porque só se investe se for competitivo
Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos	Aceitação pública	Substituído por outro critério por considerar que a aceitação pública não é um problema (baseado na experiência do projecto CUTE e do gás natural), "desde que as coisas estejam bem explicadas"

A aparente homogeneidade relatada no capítulo anterior foi abalada pela percepção dos diferentes conceitos por trás dos critérios. É disso exemplo o critério ‘Custos globais’, definido pelo *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* e pelo *Engenheiro na indústria dos gases industriais*, em que o primeiro avaliou tendo em conta a internalização das questões ambientais e de saúde humana, ao passo que o segundo considerou apenas os custos da energia e de investimento, levando a que os resultados fossem bastante diferentes.

Decorrente igualmente da menor precisão na definição dos critérios, surgiram por vezes dificuldades na classificação de alguns critérios. Isto ocorreu essencialmente com critérios económicos e sociais, em que as componentes ‘custos’ e ‘aceitação pública’ foram alvo de diversas dúvidas na sua interpretação.

Na classificação, a larga maioria dos agentes optou por uma escala entre 0 e 10, tendo apenas 3 agentes preferido uma escala mais reduzida entre 0 e 5. Em termos de incerteza, cerca de metade dos entrevistados atribuiu intervalos nas suas classificações, enquanto os restantes optaram por uma nota única sem variabilidade. Poucos foram os casos em que um agente recorreu simultaneamente a notas variáveis e a notas únicas, o que parece indicar que esta foi uma opção à partida para a classificação e não tanto devido a uma análise mais apurada da incerteza associada ao desempenho de cada cenário debaixo dos diversos critérios. Por esta razão, e tendo em conta os resultados obtidos, optou-se por não fazer uma análise mais apurada da incerteza nos resultados, à semelhança do efectuado noutros estudos (McDowall & Eames, 2006). Os intervalos atribuídos nas classificações nunca foram demasiado amplos, somente excedendo os 3 pontos em 10 numa ocasião, reflectindo a imprevisibilidade do ‘Estado da tecnologia’ para o *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível*.

Nesta fase da avaliação o entrevistador não sentiu que tivessem ocorrido classificações estratégicas, quer no sentido de conferir ao cenário preferido uma melhor classificação, o que se veio a verificar na fase seguinte da atribuição de pesos, quer tendo em vista posições da respectiva instituição.

Entrando então na ponderação da importância dos critérios, diversos agentes foram reticentes na atribuição dos pesos, levando mesmo alguns a voltarem a equacionar a definição dos critérios. O *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* é um desses exemplos, tendo dedicado muito tempo à forma de encarar o critério ‘Aceitação pública’, quase que o adoptando como uma questão de princípio, “sem aceitação pública não se faz nada”. Foram muitos os entrevistados a mudarem diversas vezes os pesos dos critérios, tentando encontrar um equilíbrio que os satisfizesse.

Foi então nesta fase que surgiram as classificações estratégicas. Ao encararem os resultados finais, diversos agentes voltaram atrás nos pesos dados, tendo alguns inclusive alterado as classificações dos critérios. O *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* baixou o peso do critério ‘Aceitação

pública' e alterou a sua classificação, motivado pela surpresa do mau desempenho do cenário '2. Não renováveis e bioenergia centralizadas', o seu preferido. De notar que apesar destas alterações, nenhum agente demonstrou pretender forçar demasiado a classificação dos cenários. No exemplo aqui dado, a alteração efectuada apenas permitiu que o cenário referido deixasse de estar atrás do desempenho do '6. Status Quo', passando para a sua frente e atrás dos restantes, sendo que o inverso não faria qualquer sentido na opinião do entrevistado. A maioria dos agentes que alteraram classificações ficou com a convicção de que o resultado final dessas alterações expressava melhor as suas ideias.

Semelhante motivação teve o *Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural* que alterou as notas do critério 'Segurança no abastecimento', por forma a não conferir um destaque tão acentuado ao cenário '1. Renováveis dominantes' sobre os restantes. O *Especialista em sistemas energéticos* reclassificou o critério 'Custo da unidade energética', essencialmente no caso do cenário '3. Electricidade descentralizada', o que permitiu ao cenário '4. Gás natural descentralizado', o da sua preferência, ultrapassar este e assumir a melhor classificação, o que tornou a avaliação mais consistente, considerou. Surpreendido com o resultado final do cenário '1. Renováveis dominantes', que antevia num *ranking* previamente idealizado como o de pior desempenho pelas muitas aplicações e dependência das renováveis, o *Investigador em tecnologia energética* testou a sensibilidade dos resultados a alterações nas classificações e nos pesos, tendo acabado por subir o peso do critério 'Custos'.

Apesar da surpresa pelo resultado final, foram diversos os agentes que acataram os resultados, não vendo motivo para alterarem as notas anteriormente atribuídas. O *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* rapidamente justificou o surpreendente bom desempenho do cenário '3. Electricidade descentralizada', o que mais criticou no decurso da entrevista, pela inexistência de um critério de eficiência energética, não manifestando contudo vontade em criá-lo e classificá-lo. Inesperada para este agente foi também a diferença entre os resultados dos cenários '1. Renováveis dominantes' e '2. Não renováveis e bioenergia centralizadas', não tendo antecipado que os valores máximos ficassem tão distantes.

O *Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio* considerou utópico o seu cenário melhor classificado – '1. Renováveis dominantes' –, mesmo no prazo temporal considerado, indicando que basear a produção de tanto hidrogénio somente em renováveis tem custos enormes, sendo necessário um grande desenvolvimento tecnológico. Ainda assim considerou normal esta classificação, "porque é o cenário mais desejável de todos". Não considerou, contudo, que a criação de outro critério alterasse esta classificação no sentido de a tornar mais realista, apenas a criação de outro cenário, uma mistura de todos estes, com combustíveis fósseis – que acredita continuarão a ter um importante papel no futuro, "com a descoberta de novos poços, mesmo que mais profundos e com maiores custos de extracção" –, renováveis, produção centralizada e descentralizada, roubaria ao cenário 1 o lugar cimeiro.

Ligeira surpresa causou a melhor classificação do '6. Status Quo' relativamente ao '1. Renováveis dominantes' ao *Consultor em gestão da energia*, mas que rapidamente foi dissipada por não acreditar neste último cenário devido à multiplicidade de usos para o hidrogénio. Por sua vez, o *Dirigente de associação nacional de hidrogénio* não contava com um resultado final tão bom do cenário '5. Pequena escala e combustíveis líquidos', que não era o da sua preferência, "é o tal que eu não consigo perceber muito bem", mas que se justifica com as notas dadas à 'Geração de riqueza interna', 'Segurança no abastecimento' e 'Ambiente'.

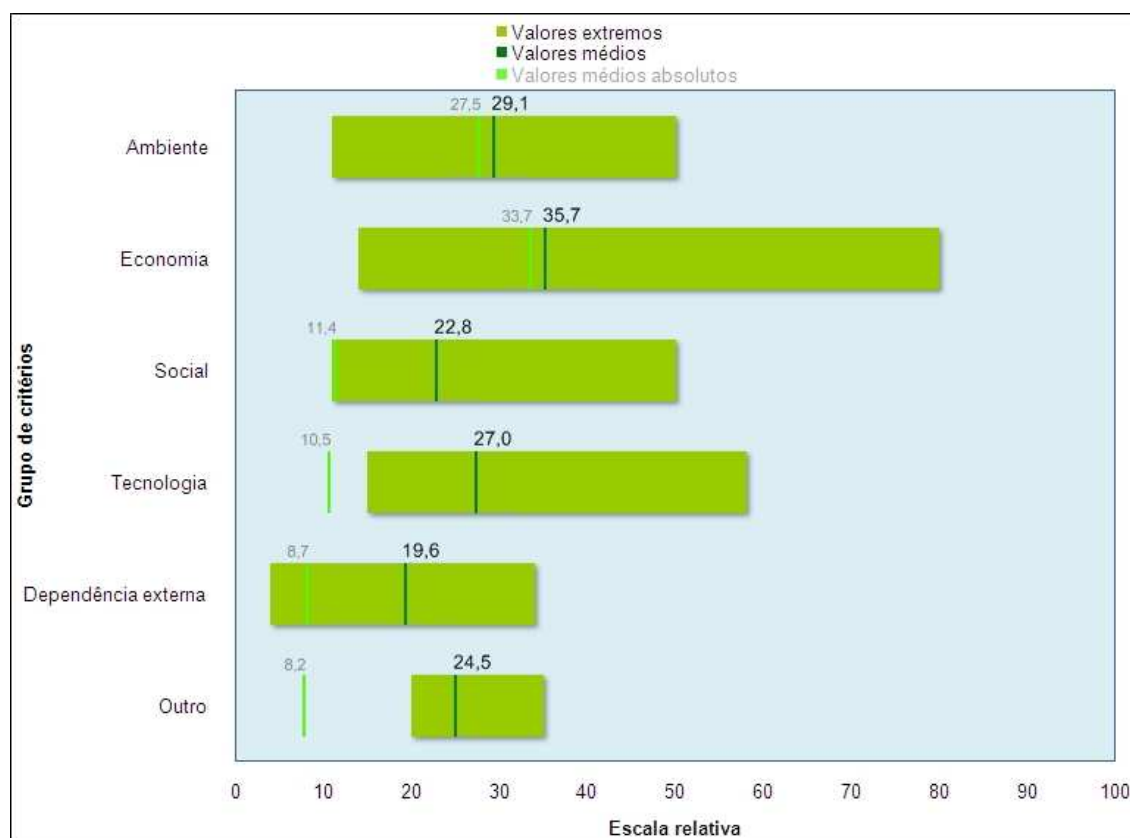
No que toca ao desempenho do cenário '6. Status Quo', dois casos ocorreram em que este surgiu inesperadamente em primeiro lugar. No caso do *Especialista em política energética da DGEG* este ficou a dever-se às duas notas máximas no capítulo económico e tecnológico de que foi alvo. Embora tenha reconhecido que o estado actual não se pode manter, não foram criados novos critérios ou alteradas classificações com o propósito de contornar esta impossibilidade de manutenção do *status quo*. Por outro lado, considerou ainda que o cenário '1. Renováveis dominantes' também obteve uma classificação inferior à esperada, que nem mesmo o aumento do peso do critério 'Emissões de CO₂' alterou.

Alguma surpresa manifestou também o *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* com o primeiro posto do cenário '6. Status Quo', devido à forma com que encarou o cenário, frisando que não pretende com isso referir que é melhor ficar como estamos. Considerou na sua avaliação o cumprimento das metas actualmente traçadas, nomeadamente ao nível da segurança de abastecimento, da competitividade e da consideração dos impactes ambientais, com uma forte componente renovável.

Cerca de metade dos entrevistados não ficou contudo surpreso com o resultado final, considerando que este espelhava as respectivas ideias e convicções. Neste leque não se inclui no entanto o *Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos*, que apesar de não manifestar surpresa com o resultado final, este não foi ao encontro do que manifestara no início da entrevista, apostando nas não renováveis para a produção de hidrogénio, considerando que as renováveis não serão capazes de responder às necessidades do país, "no máximo assegurarão 5 a 6% da energia total". A explicação para não ter ficado surpreendido com o resultado final prendeu-se com o facto de julgar faltar a esta avaliação os pesos relativos dos vários cenários no sistema energético global, levando a dificuldades na avaliação pela diferença nas grandezas – uns cenários focam todos os usos e outros apenas estão centrados em nichos.

A FIGURA 2 reúne uma série de informação, da qual se podem extrair várias conclusões. Por um lado apresenta a variabilidade dos pesos atribuídos aos diferentes critérios, destacando-se os critérios económicos que chegaram a atingir 80% da importância numa avaliação. São também o grupo de critérios que apresenta uma banda maior de pesos, o que decorre do maior número de critérios criado, tal como se observou na FIGURA 1. Centrando a atenção no extremo direito das bandas de pesos, surge depois a

‘Tecnologia’ com 60% da importância máxima, surpreendentemente à frente do ‘Ambiente’, o qual não foi além dos 50%, o mesmo valor do ‘Social’. Mais para trás ficou a ‘Dependência externa’, uma dos 3 pilares das políticas nacionais e europeias em matéria de energia (Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, 2005; CCE, 2007).



Notas: 1. Os valores atribuídos pelos agentes no decurso das entrevistas foram uniformizados para percentagens neste gráfico
2. Quando um agente identificou mais de um critério de um mesmo grupo, utilizou-se a soma dos seus pesos
3. Os ‘Valores médios’ referem-se ao peso médio dos critérios que foram definidos em cada grupo – ver TABELA 3 –, ao passo que os ‘Valores médios absolutos’ integram os agentes que não identificaram critérios nesses grupos, ou seja, lhes atribuíram uma importância nula

FIGURA 2 – PESOS ATRIBUÍDOS POR TODOS OS ENTREVISTADOS AOS CRITÉRIOS DE ACORDO COM OS VALORES EXTREMOS E COM OS VALORES MÉDIOS DE CADA GRUPO

Olhando agora para o extremo inferior, verifica-se com alguma surpresa o baixo valor do ‘Ambiente’, que não passou dos 10% de importância para pelo menos um dos entrevistados. Se se tiver em conta que nenhum dos agentes identificou mais do que um critério para este grupo, conclui-se que no cômputo geral da avaliação pelo menos um dos entrevistados considerou que o ‘Ambiente’ como um todo não representa mais de 10% da relevância das questões com que se debate a economia do hidrogénio, isto se excluirmos o *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade*, que não definiu qualquer critério ambiental, dando-lhe na prática uma importância nula. Contudo uma leitura atenta das transcrições das

entrevistas revela que uma importante parte dos agentes explicou o menor peso atribuído ao ‘Ambiente’, ou mesmo a inexistência de critérios nesta área no caso deste último agente, pela internalização das questões ambientais nos custos, critério económico mais vezes referido, nomeadamente através das taxas de CO₂ e licenças de emissão.

De forma semelhante foram justificados alguns pesos mais baixos para os critérios económicos, essencialmente quando definidos em termos de custos de investimento, avançando alguns agentes com a justificação de que “só se investe se for rentável”. Por outro lado, o *Dirigente de associação nacional de hidrogénio* explicou o menor peso dado aos critérios económicos referindo que o que vai mover a economia do hidrogénio não são os custos, “não há de ser por ser barato”, mas sim as questões ambientais e de segurança de abastecimento, vindo as restantes a reboque destas, levando então a que os custos sejam mais tarde competitivos. Perspectiva esta oposta à de outros agentes, como o *Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio* que faz depender a economia do hidrogénio das políticas públicas, essencialmente a tarifária, instrumento fulcral para atrair os privados a este novo vector energético.

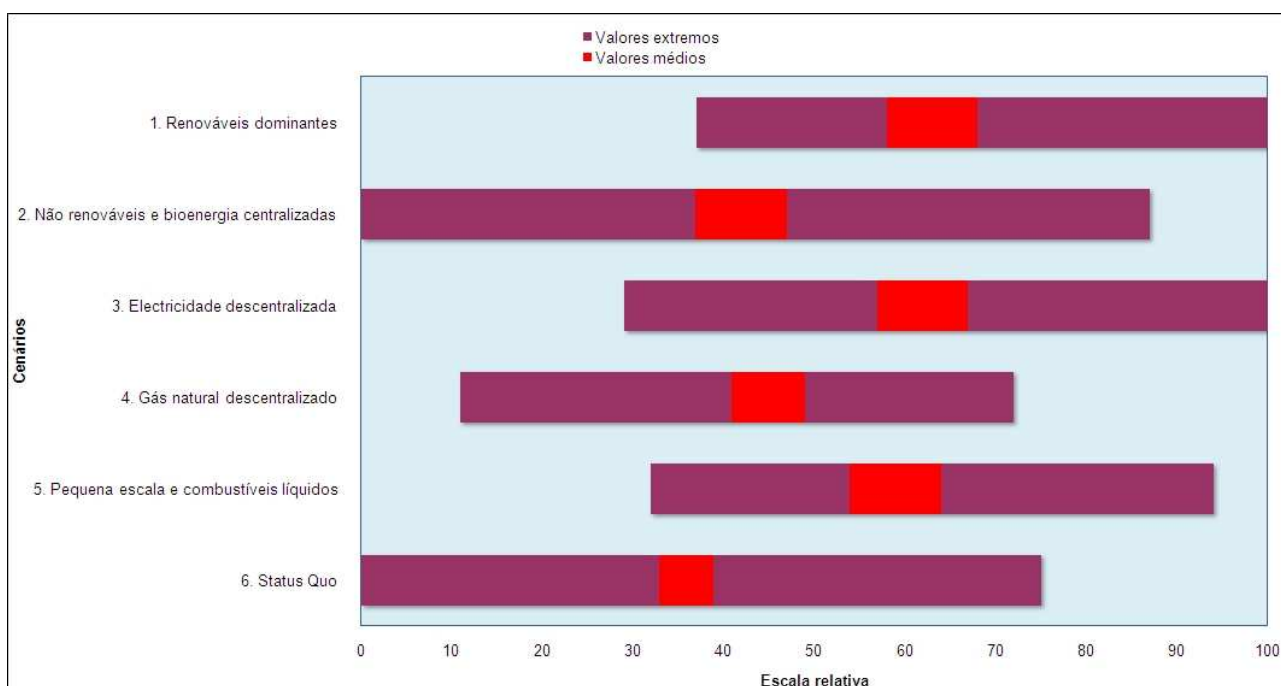
Ainda no capítulo da variabilidade dos pesos atribuídos, é interessante verificar que os critérios classificados na categoria ‘Outro’ apesar de bastante diversos, indo desde a eficiência energética à descentralização da produção passando pelo apoio político, apresentam a menor variabilidade de todas as categorias o que nem mesmo o facto de ser o grupo com menor número de critérios parece justificar na íntegra. Por outro lado são os que têm o maior valor inferior na sua banda de pesos, o que parece indicar que apenas foram criados critérios nesta categoria quando os agentes sentiram que eram efectivamente importantes, ao passo que os critérios nas outras categorias poderiam ter surgido motivados pelas sugestões do entrevistador do enquadramento de sustentabilidade ou pelas preocupações políticas dominantes.

Relativamente aos valores médios, consideraram-se duas abordagens: i) uma em que se fizeram os valores médios dos critérios efectivamente identificados em cada grupo, sendo que sempre que mais do que um critério foi identificado para um só grupo por parte de um entrevistado, se tomou o valor médio desses pesos; ii) e outra em que se integraram os agentes que não identificaram qualquer critério para determinado grupo, o que na prática reflecte a menor importância que atribuem a essa temática nesta avaliação, designado por ‘Valores médios absolutos’. Começando por estes últimos valores, por si só não são muito reveladores, seguindo a ordem do número de critérios criados e apresentado na FIGURA 1, sobressaindo a ‘Economia’ e o ‘Ambiente’. A única nota vai para a distância entre a importância conferida a ambos (33,7% e 27,5%), que não é tão significativa quanto a diferença no número de critérios criados (26 e 17, respectivamente).

Quanto aos ‘Valores médios’, apesar de ‘Economia’ e ‘Ambiente’ se manterem na dianteira, este último grupo vê muito próximos os valores de outros critérios, como a ‘Tecnologia’ e ‘Outro’, os quais, por não reflectirem o enquadramento temático proposto ou os pilares das políticas energéticas, tendencialmente têm ordens de

importância superior, tal como discutido acima. Comparando estes valores médios com a banda de variabilidade dos pesos, verifica-se que apenas no caso da 'Dependência externa' a média está mais próxima do extremo superior, ao passo que em todos os outros foram os valores inferiores os que mais se aproximaram da média.

Atribuídos os pesos e revistas as notas dos critérios, foi então possível ver o panorama geral final das classificações dos 6 cenários. Esta agregação dos resultados, patente na FIGURA 3, deve ser no entanto analisada com precaução. Mais do que se ter um vencedor, o objectivo de todo este exercício é o de explorar diferentes perspectivas na análise aos cenários. Deste modo, importa aqui olhar para este gráfico como um panorama geral de todo este processo e um termo de comparação para as avaliações individuais, observando em que medida determinada avaliação fugiu ao padrão das restantes e analisar os fundamentos por trás dessa avaliação.



Notas: 1. Esta figura reflecte as classificações finais ponderadas de todos os entrevistados aos cenários com base numa escala relativa de 0-100, em que os valores mais altos indicam um melhor desempenho
2. A variabilidade dos valores médios deve-se à diferença entre a média das classificações mais pessimistas e das classificações mais optimistas dos diferentes agentes

FIGURA 3 – CLASSIFICAÇÕES FINAIS PONDERADAS DE TODOS OS ENTREVISTADOS AOS CENÁRIOS DE ACORDO COM OS VALORES EXTREMOS E COM OS VALORES MÉDIOS

Mesmo que o objectivo fosse o de se ter um cenário vencedor, esta figura não permitiria tirar conclusões inequívocas. Há 3 cenários que se destacam dos restantes, quer em termos dos valores extremos, quer, e essencialmente, em termos dos valores médios. São eles os que maior incorporação de energias renováveis

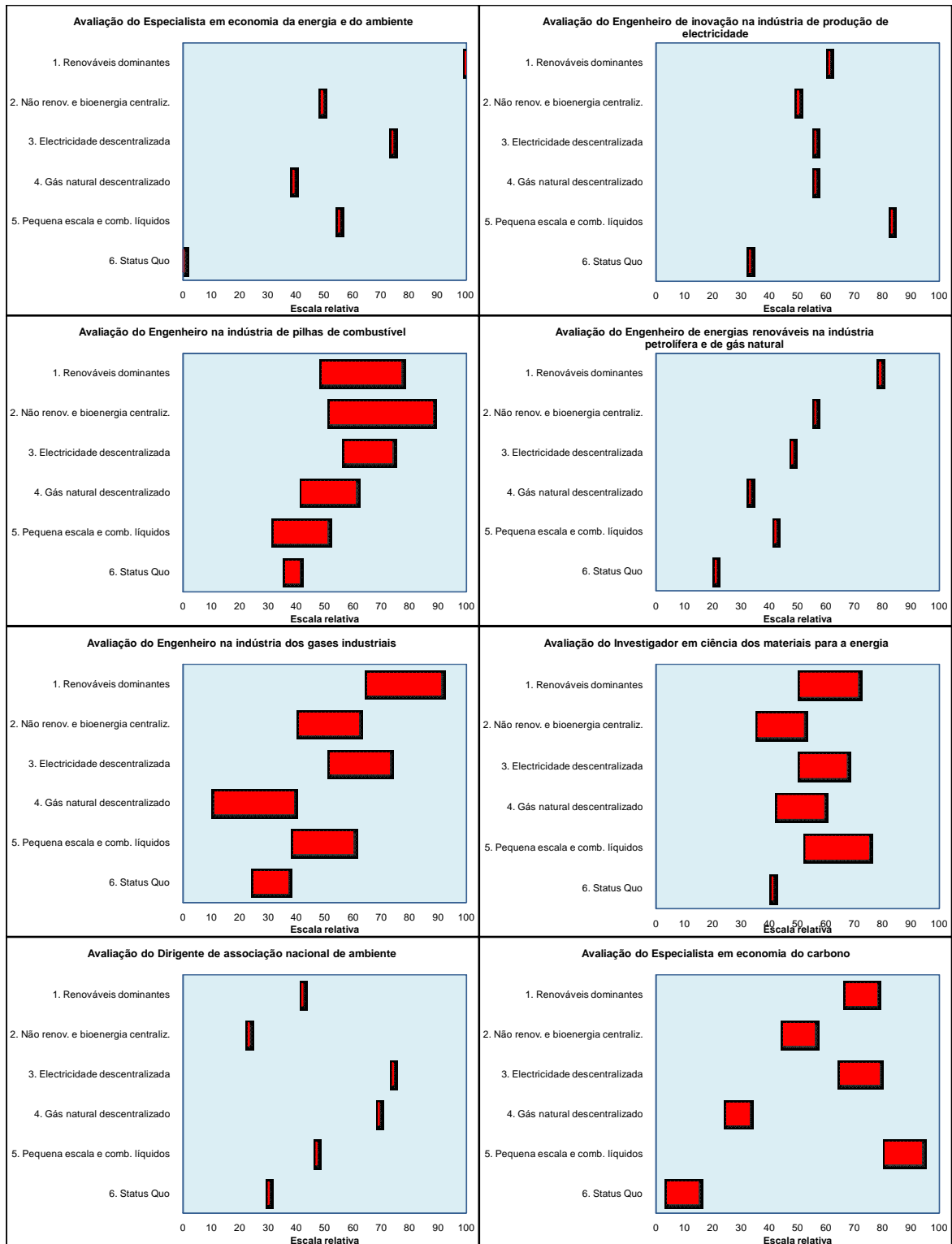
têm – ‘1. Renováveis dominantes’, ‘3. Electricidade descentralizada’ e ‘5. Pequena escala e combustíveis líquidos’. Por oposição, os cenários com maior presença de combustíveis fósseis – ‘2. Não renováveis e bioenergia centralizadas’ e ‘4. Gás natural descentralizado’ – ficam mais atrás nos valores médios, inclusivamente aproximando-se bastante do ‘Status Quo’.

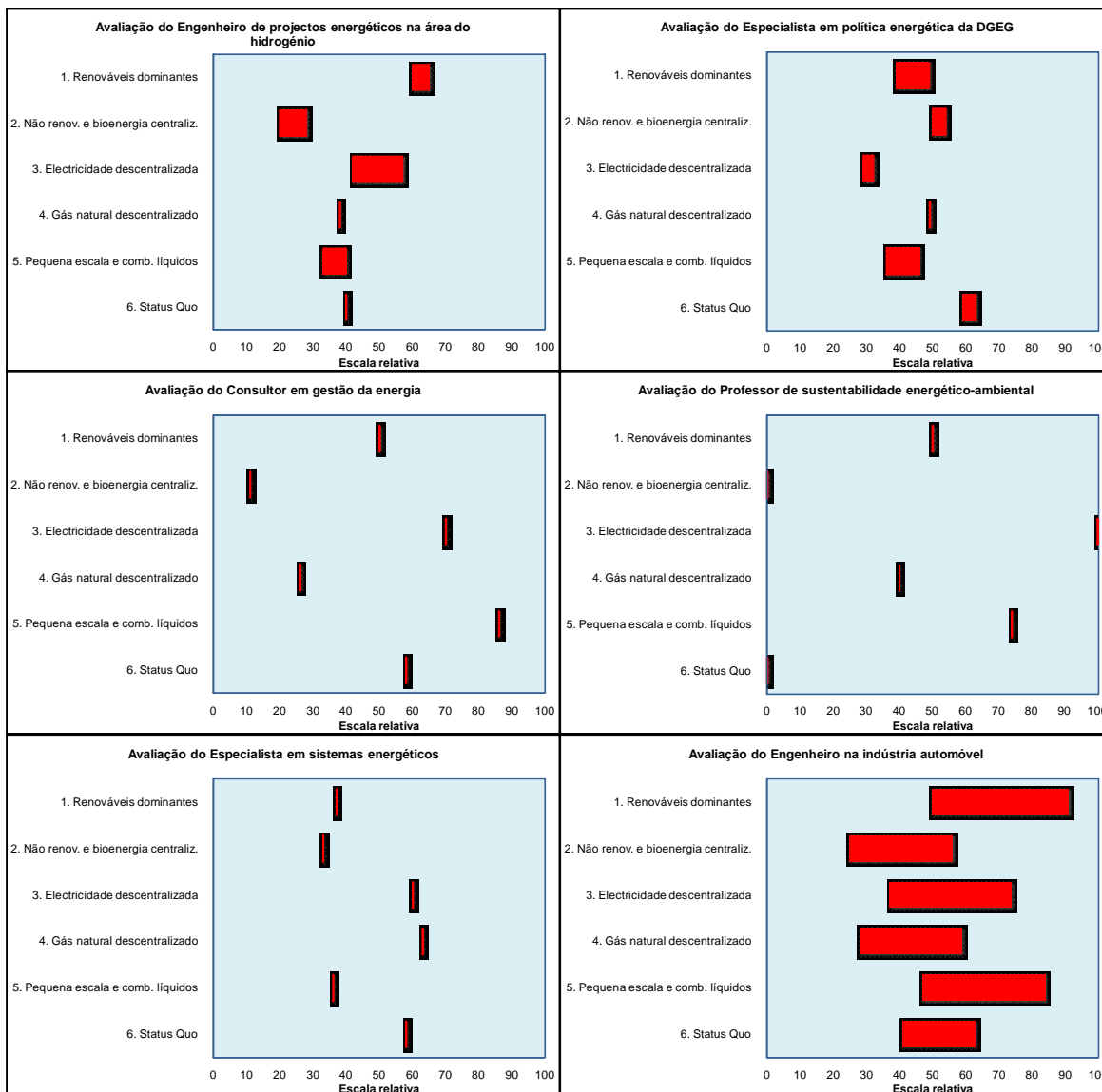
Observando as bandas dos valores extremos das classificações finais ponderadas, verifica-se que estas são muito largas, demonstrando a heterogeneidade de avaliações. Poder-se-ia pensar que alguns valores extremos se ficam a dever à avaliação de apenas um entrevistado e que iria em sentido contrário da média, afastando-se muito desta, no entanto observa-se que eles são relativamente equidistantes dos valores médios em todos os cenários, talvez apenas de realçar o caso do cenário ‘1. Renováveis dominantes’, em que o extremo superior se afasta um pouco mais da média, ocorrendo o inverso no cenário ‘4. Gás natural descentralizado’. Com isto se conclui que há uma relativa simetria nas avaliações individuais, com uma distribuição semelhante de classificações acima e abaixo da média.

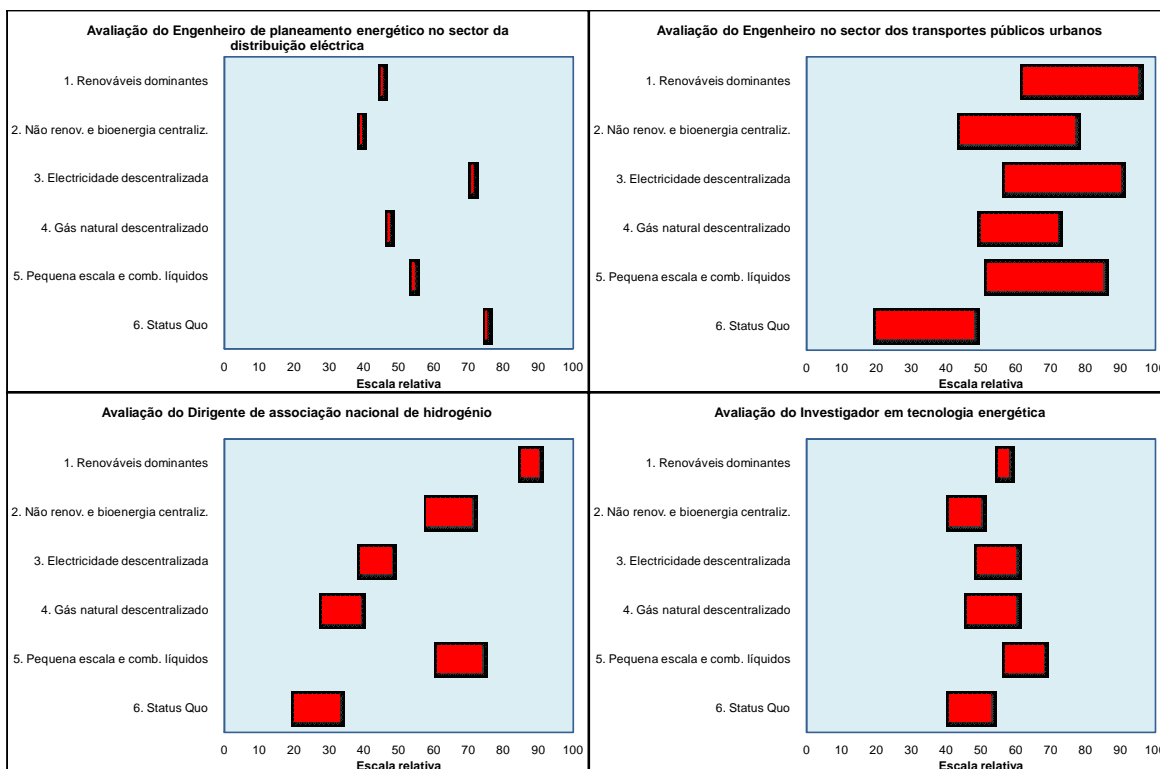
Ainda relativamente aos valores extremos, de realçar o extremo superior do cenário ‘6. Status Quo’ à frente do do cenário ‘4. Gás natural descentralizado’, o qual se justifica sobretudo pelas avaliações do *Especialista em política energética da DGE* e do *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade*, tal como já foi explicado num capítulo anterior. Por outro lado fica também evidente o extremo inferior do cenário ‘2. Não renováveis e bioenergia centralizadas’ idêntico ao do cenário ‘6. Status Quo’, o que se percebe pelas classificações mais negativas de alguns agentes, que o consideraram mais gravoso que a situação actual. As principais razões evocadas para este facto foram os elevados custos e o fraco papel das renováveis para a produção do hidrogénio.

Em termos das avaliações individuais, fica evidente a heterogeneidade de avaliações antecipada anteriormente observando a FIGURA 4.

Os agentes avaliaram os cenários de forma diferente focando por vezes em demasia determinados componentes das cadeias ao invés da sua globalidade. Isto notou-se particularmente nos casos do *Especialista em economia do carbono*, do *Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos* e do *Dirigente de associação nacional de hidrogénio*, ora focando a análise nas fontes ora nas conversões necessárias ou até comparando o papel dos transportes nos diferentes cenários, reflectindo um pouco a experiência profissional de cada agente e as matérias que melhor dominam ou que maior interesse lhes suscitam. Isto levou a que a comparação directa entre as diferentes avaliações não seja por vezes a mais precisa. Ocorreram mesmo casos em que as classificações consideraram questões fora da definição original do critério, certas vezes entrando em áreas cobertas por outros critérios.







Nota: As barras representam a diferença entre as classificações mais pessimistas e mais optimistas de cada agente, sendo que os traços mais finos indicam que foi atribuído um único valor e não um intervalo

FIGURA 4 – CLASSIFICAÇÕES FINAIS INDIVIDUAIS PONDERADAS AOS CENÁRIOS

A forma mais expedita de retirar conclusões da figura anterior é analisar o desempenho dos diferentes cenários.

Renováveis dominantes

Apesar da ambição e aparente maior complexidade tecnológica, este cenário foi o mais vezes identificado como o de melhor desempenho de entre os 6 cenários, o que ocorreu em 7 ocasiões. Isto deve-se provavelmente ao facto de ser este o futuro potencial mais desejável pela maior parte dos agentes, quer pelas vantagens ambientais, quer em termos de segurança de abastecimento. Ainda assim, por 4 vezes obteve classificações inferiores às do cenário '6. Status Quo', essencialmente pelos custos e necessidade de desenvolvimento tecnológico inerentes, embora nunca tenha sido considerado o cenário com pior desempenho.

Não renováveis e bioenergia centralizadas

A forte presença de combustíveis fósseis e do nuclear foi penalizadora para este cenário, justificando os agentes as más classificações atribuídas com a maior dependência externa, barreiras tecnológicas à captura e sequestro de carbono, menores oportunidades para a economia nacional e oposição social ao nuclear. Foi dos cenários que mais vezes obteve o pior desempenho, em 9 ocasiões, 3 das quais ex-aequo ou muito próximo do cenário '6. Status Quo'. Relativamente ao cenário da situação actual, este cenário ficou por 7 vezes atrás na classificação, ou seja um número considerável de agentes considerou que se estaria numa situação ainda pior que a actual. Fugiu à regra o *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* que considerou ser este o melhor cenário, essencialmente devido ao estado mais avançado das tecnologias de reformação e à sustentabilidade económica desta solução.

Electricidade descentralizada

A solução descentralizada deste cenário acolheu a preferência do *Dirigente de associação nacional de ambiente*, do *Professor de sustentabilidade energético-ambiental* e do *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* (se se exceptuar a avaliação do cenário '6. Status Quo' pelas razões já anteriormente evocadas). No campo oposto surge o *Especialista em política energética da DGEG*, muito crítico deste cenário pelo fraco balanço energético inerente às conversões necessárias, "se as pessoas já têm electricidade para quê passarem-na para hidrogénio e depois para electricidade e calor?". Exceptuando estes dois agentes que colocaram o cenário '6. Status Quo' como o de melhor desempenho, todos os restantes entrevistados valorizam sempre este cenário face à situação actual.

Gás natural descentralizado

Este foi o cenário favorito do *Especialista em sistemas energéticos*, convencido pelas suas valências ao nível dos custos da unidade energética e do baixo investimento necessário. Discordante desta opinião, surge o *Engenheiro na indústria dos gases industriais* que considera ser este o pior cenário dos 6, penalizando-o em termos ambientais, pela inexistência de captura e sequestro de carbono associado ao gás natural, e de dependência de combustíveis fósseis. Conjuntamente, outros 4 entrevistados classificaram este cenário com a classificação mais baixa do leque de cenários de onde se exclui a situação actual.

De referir que à semelhança do cenário '6. Status Quo', este é o cenário que menor variabilidade apresenta nas suas classificações. Onde a opção por notas pessimistas e optimistas diferenciadas foi assumida, em 2 casos este cenário foge à regra, como fica evidente nas avaliações do *Engenheiro de projectos energéticos*

na área do hidrogénio e do *Especialista em política energética da DGEG* que classificam este cenário sem notas variáveis. A este facto não é alheia a menor complexidade do cenário, com um menor conjunto de fontes e de usos para o hidrogénio.

Pequena escala e combustíveis líquidos

A seguir ao cenário '1. Renováveis dominantes', este foi o cenário que mais vezes obteve o melhor desempenho, em 6 ocasiões. As razões mais frequentemente apontadas para esta classificação centram-se nas vantagens ambientais e de segurança no abastecimento associadas à presença de hidrogénio produzido a partir de fontes renováveis nos transportes, mesmo que por via indirecta por ser apenas matéria-prima para combustíveis sintéticos. No entanto, esta avaliação pode resultar em parte de um erro de avaliação de alguns agentes, que viram neste cenário o que maior relevância dá à presença do hidrogénio nos transportes com base em energias renováveis, o que não corresponde à real natureza do cenário. Apesar de o entrevistador ter esclarecido este facto sempre que ficou evidente a sobreavaliação, o maior número de usos para o hidrogénio noutros cenários diluiu o papel deste nos transportes.

Discordante das avaliações positivas surge o *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* que o considera o pior cenário, ao nível do '6. Status Quo'. Justifica-o pelo atraso tecnológico nestas soluções e por ser um cenário de pequena escala, logo com poucos impactes económicos. Pelas mesmas razões, outros 4 agentes apontam para um mau desempenho deste cenário, pior que a situação actual.

Status Quo

À partida julgar-se-ia que este seria o cenário maioritariamente avaliado com o pior desempenho. E efectivamente isso aconteceu em 11 das 18 classificações ponderadas. Contudo, em 4 dessas 11 ocasiões o último lugar é partilhado com outros cenários, o que leva a concluir que na maioria dos casos não é claro que este seja o pior cenário de todos. O *Especialista em política energética da DGEG* considerou mesmo este cenário como o melhor, estando a caminhar-se no sentido contrário ao da sustentabilidade com a adopção de uma economia de hidrogénio nos moldes preconizados nos outros 5 cenários. O *Especialista em sistemas energéticos* deu também uma classificação muito positiva a este cenário, muito próxima das suas favoritas soluções descentralizadas. Este facto deve-se essencialmente ao peso elevado dado às questões económicas, em particular o custo de investimento, que nem mesmo as exigências ambientais e de dependência externa conseguiram atenuar.

Volta-se a referir que se exclui aqui a avaliação deste cenário do *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade* por esta ter-se baseado num pressuposto errado e que não foi devidamente elucidado na altura pelo entrevistador.

3.5 Cenários-limite

O exercício com os cenários-limite tinha o objectivo de tentar perceber um pouco melhor quais as considerações de base dos diferentes agentes nas suas avaliações. Um dos comentários mais referidos foi o de que os cenários-limite apresentados não são muito diferentes do que se perspectiva venha a acontecer nos próximos anos, essencialmente no caso do cenário '2. Crise no mercado do petróleo e gás', o qual não se afasta muito do presente. Relativamente ao cenário '1. Rápidas alterações climáticas', este foi considerado mais "catastrófico", mas genericamente admitiu-se que é com base no receio de um futuro assim que se definem políticas e se tomam acções hoje em dia.

Ainda assim, praticamente todos os agentes teceram comentários complementares à sua avaliação anterior, a maioria referindo que estes cenários potenciariam a economia do hidrogénio e que alteraria os pesos de determinados critérios, essencialmente um aumento da importância dos ambientais no cenário-limite 1 e dos de dependência externa no segundo caso e diminuição dos económicos em ambos os casos, mas mais acentuado no primeiro cenário.

O *Especialista em economia da energia e do ambiente* avançou que em qualquer destes cenários se privilegiaria a produção de hidrogénio a partir de fontes renováveis, no que foi corroborado, mas apenas no tocante ao segundo cenário, pelo *Engenheiro na indústria de pilhas de combustível* e pelo *Especialista em economia do carbono*, que acentuou igualmente a importância da inovação. Opinião distinta tem o *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* que considerou que uma crise acentuada no mercado do petróleo levaria a graves consequências financeiras, o que acarretaria um abrandamento nos investimentos em energias renováveis. Semelhante raciocínio teceu o *Dirigente de associação nacional de hidrogénio* que considera que as questões ambientais seriam desprezadas num cenário deste género. O *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* indicou ainda uma maior aceitação pública da energia nuclear, caso ocorressem rápidas alterações climáticas.

O *Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural* apesar de ver benefícios para a economia do hidrogénio no cenário-limite 1 levantou a dúvida sobre os ganhos ambientais da adopção do hidrogénio nos transportes em relação a outras soluções energéticas. Mais óbvio seria a sua utilização para este fim no caso do cenário de crise no mercado do petróleo, em que haveria necessidade de substituição

dos combustíveis fósseis, dos quais os transportes dependem na actualidade praticamente a 100%. A maior relevância dada ao nuclear num cenário destes moldes, leva o *Engenheiro na indústria automóvel* a crer que esta seria uma fonte importante para a produção do hidrogénio. O *Engenheiro na indústria dos gases industriais* é mais cauteloso sobre o papel do hidrogénio no segundo cenário-limite, julgando ser o carvão o principal substituto dos restantes combustíveis fósseis, ainda que acarretando um grande investimento em tecnologias de captura e sequestro de carbono.

Visão alternativa tem o *Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos* que não descurando a importância do carvão e do nuclear num cenário de crise do petróleo, acredita que as renováveis também centrariam muitas atenções, apostando num futuro com uma mistura dos cenários '1. Renováveis dominantes' e '2. Não renováveis e bioenergia centralizadas', não acreditando em graves consequências para a economia portuguesa pela delimitação geográfica dos conflitos preconizados neste cenário. Já quanto ao cenário-limite de rápidas alterações climáticas, as certezas deste agente diminuem. Por um lado, a clara aposta nas renováveis parece óbvia, no entanto esta poderia ser retida pelo menor poder económico, com consequente diminuição do investimento e desenvolvimento, decorrente desta degeneração climática.

Outros agentes não consideraram que ambos os cenários-limite automaticamente beneficiariam o hidrogénio, como adiantou o *Professor de sustentabilidade energético-ambiental* que faz depender o futuro do hidrogénio do seu desenvolvimento tecnológico, não alterando mesmo os pesos dos critérios, por considerar que a sociedade se adapta rapidamente a estas mudanças, mesmo que bruscas, da sua realidade. Por seu lado, o *Dirigente de associação nacional de ambiente* não vê neste vector vantagens ambientais evidentes para que fosse potenciado o seu papel em caso de rápidas alterações climáticas, sendo mais óbvias as suas mais-valias no segundo cenário-limite ao ser utilizado nos transportes. O *Especialista em sistemas energéticos* secunda o agente anterior no caso do primeiro cenário, mas julga que nem no segundo cenário a economia do hidrogénio sairia beneficiada, uma vez que esta é uma opção que visa melhorias da eficiência energética, que carece de ponderação política e de investimentos, e não é a solução para cenários de crise como estes. Relativamente a este ponto, acrescenta ainda que neste cenário as apostas passariam pelo *syngas*, carvão e combustíveis líquidos produzidos a partir deste. Por último, o *Especialista em política energética da DGEG* indicou mesmo que num cenário de crise nos combustíveis fósseis, a economia do hidrogénio seria preterida, concentrando a sociedade as suas atenções nas questões do balanço energético e dos custos de investimento e de operação, em detrimento das emissões.

3.6 Agregação dos resultados

Foram realizadas agregações a diversos níveis com os resultados obtidos. O objectivo por trás destas agregações é o de criar grupos, que podem ser de agentes ou critérios, por forma a analisar padrões nas avaliações obtidas. Poder-se-ia ainda realizar uma agregação de cenários, nomeadamente separar os cenários com maior presença de renováveis dos restantes ou agrupar os cenários de produção centralizada e fazer o mesmo com os de produção descentralizada. Contudo, esta análise está repartida pelos dois sub-capítulos seguintes, tornando-a assim mais expedita.

3.6.1 Grupos de critérios

Foram criados 6 grupos de critérios, tal como descrito acima no capítulo 3.3 – ‘Ambiente’, ‘Dependência externa’, ‘Economia’, ‘Social’, ‘Tecnologia’ e ‘Outro’. A análise do desempenho dos diferentes cenários nestes 6 grupos (FIGURA 5) permite a extracção de mais algumas conclusões. Nenhum cenário se destaca claramente dos restantes em todos os grupos de critérios, embora os cenários ‘3. Electricidade descentralizada’ e ‘5. Pequena escala e combustíveis líquidos’ tenham um bom desempenho em todos os agrupamentos. Em sentido inverso, o cenário ‘2. Não renováveis e bioenergia centralizadas’, à excepção da categoria ‘Outros’ onde as diferenças são praticamente imperceptíveis, surge sempre nos 3 piores lugares.

Observando a FIGURA 5, os critérios ambientais, de dependência externa e sociais premeiam os cenários com maior peso de renováveis para a produção de hidrogénio, nomeadamente os cenários ‘1. Renováveis dominantes’, ‘3. Electricidade descentralizada’ e ‘5. Pequenas escala e combustíveis líquidos’. O cenário 1 é o que surge mais destacado, sendo que os outros dois têm bastante próximo o cenário ‘2. Não renováveis e bioenergia centralizadas’ no caso dos critérios ambientais e de dependência externa. Este cenário afasta-se mais dos renováveis nos critérios sociais, fruto da inclusão do nuclear nas suas cadeias, levando-o mesmo a ficar ligeiramente atrás dos cenários 4 e 6.

Os critérios económicos distinguem os cenários descentralizados e de pequena escala dos restantes, fruto principalmente dos supostos menores investimentos necessários, colocando mesmo as soluções centralizadas um pouco atrás do *status quo*. Este último cenário, pela sua própria definição, é o que menores barreiras tecnológicas encontra, surgindo claramente à frente dos outros cinco cenários no gráfico que resume as notas destes critérios, sendo mais uma vez as soluções centralizadas mais ambiciosas a ficarem na traseira da classificação. Mais homogéneos foram os critérios identificados como ‘Outros’, cuja variedade anulou a dispersão de notas, surgindo todos os cenários muito similares em termos de desempenho.

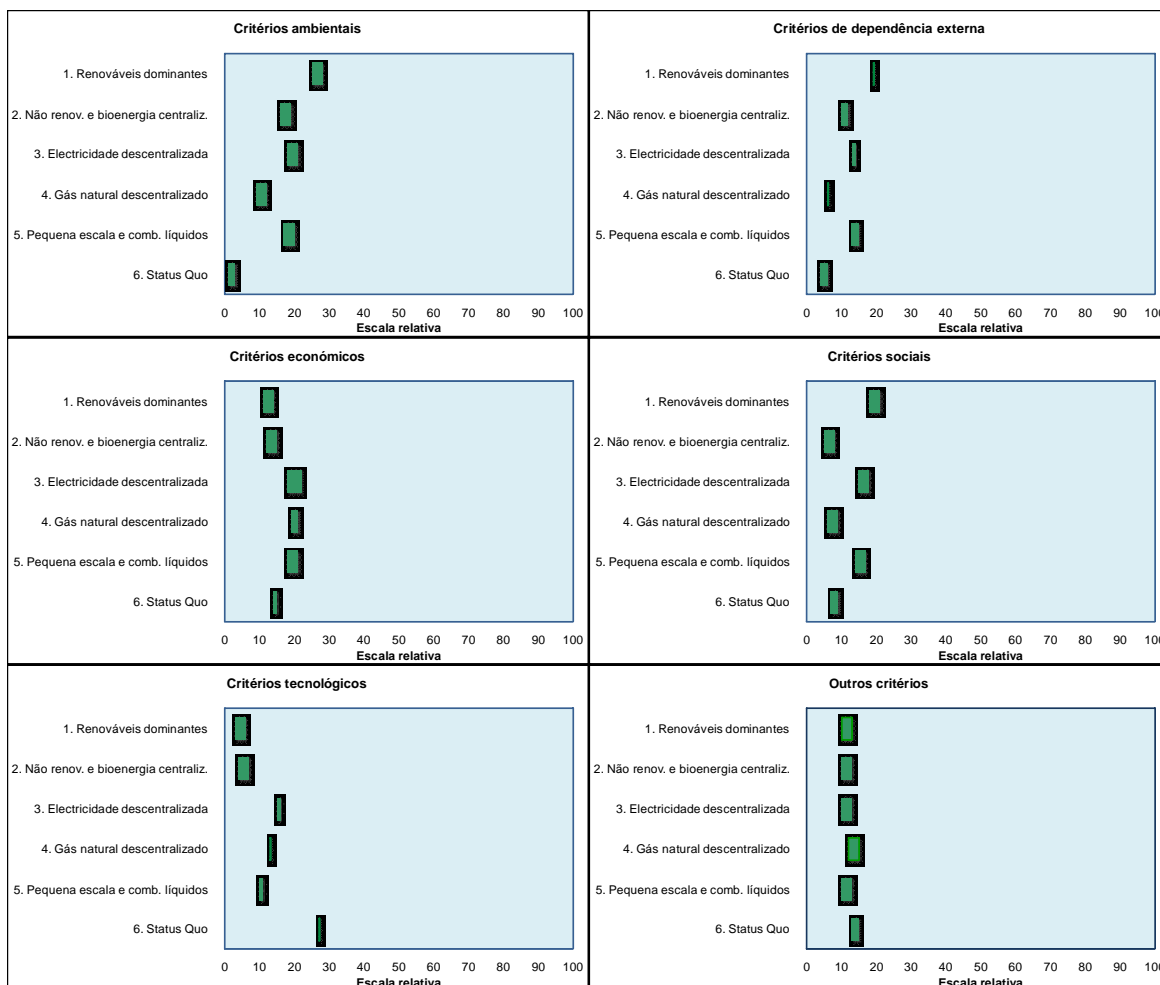


FIGURA 5 – CLASSIFICAÇÕES PONDERADAS DOS DIFERENTES GRUPOS DE CRITÉRIOS PARA OS 6 CENÁRIOS

Critérios ambientais

A análise destes critérios é relativamente simplificada pelo facto de serem extremamente homogéneos, praticamente todos focando a questão das emissões, quer estas se refiram a gases com efeito estufa ou somente a CO₂. O cenário ‘1. Renováveis dominantes’ destaca-se dos restantes, premiado pela aposta forte nas energias renováveis e na inclusão do hidrogénio nos transportes, levando o *Dirigente de associação nacional de hidrogénio* a classificá-lo como o “máximo, não se consegue fazer melhor”. Inclusão essa que aproxima o cenário ‘2. Não renováveis e bioenergia centralizadas’ dos outros dois cenários com grande peso de renováveis, ajudado ainda pela presença da CCS e do nuclear, opção vantajosa se se considerarem unicamente as emissões. A inexistência desta captura penaliza o cenário ‘4. Gás natural descentralizado’, ao passo que o estado actual surge claramente para trás neste grupo de critérios.

Apesar de bem classificado, o cenário '5. Pequena escala e combustíveis líquidos' foi alvo de críticas de alguns agentes, referindo que não difere muito do estado actual, pela pequena escala das aplicações e recurso ao metanol, o qual é gerador de emissões de CO₂ ainda que melhore a eficiência energética. Também as bioenergias foram visadas por alguns agentes que realçaram que estas não são fontes totalmente limpas, ocorrendo emissões poluentes, ainda assim o recurso a estas é sempre vantajoso face ao estado actual.

Critérios de dependência externa

Muito semelhantes são também os critérios deste grupo, recaindo a preferência neste âmbito mais uma vez sobre o cenário 1, o que maior peso das endógenas fontes renováveis tem e o que apresenta um maior leque de usos para o hidrogénio. Logo de seguida surgem os cenários 3 e 5 que contemplam veículos automóveis a hidrogénio ou com derivados deste, diminuindo assim a dependência deste sector dos combustíveis fósseis. Estes combustíveis apesar de estarem bastante presentes no cenário 2 não o arrastam para o fundo da tabela, por força das bioenergias aqui integradas, diversificando as fontes, e da substituição do petróleo nos transportes. Puramente fóssil mas sem petróleo, o cenário 4 surge pouco acima do cenário 6, o do estado actual.

Critérios económicos

Este grupo reuniu um conjunto de critérios mais diverso, apesar de a maioria dos agentes ter centrado as atenções nos custos. De qualquer das formas mesmo dentro do critério custos ocorreu uma grande variedade de interpretações, uns agentes focando o preço da energia, outros enaltecendo o investimento e ainda alguns sublinhando a importância da internalização das questões ambientais. Mas podem-se aqui interpretar estes critérios genericamente como custos e nessa linha os alegadamente mais económicos cenários descentralizados e de pequena escala surgem à frente dos restantes, requerendo menores investimentos na construção de infra-estruturas. No caso do cenário '3. Electricidade descentralizada' este aproveita mesmo a rede de distribuição já existente, ainda que esta careça de uma maior envergadura dada a procura acrescida com os transportes, conforme evidenciou o *Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade*. O *Investigador em ciência dos materiais para a energia* realçou ainda a importância da solução pelos combustíveis líquidos em termos dos custos, permitindo uma significativa poupança quando comparada com outras alternativas por permitirem a manutenção das cadeias actuais de distribuição e armazenamento em termos de infra-estruturas.

Quanto ao preço da energia, os cenários 1, 3 e 5 foram penalizados por vários agentes pelos custos das renováveis, onde somente o eólico assume valores competitivos actual e futuramente. O *Especialista em sistemas energéticos* acrescentou ainda a electrólise como um factor negativo para os preços da energia, dada a sua baixa eficiência, o oposto sucedendo com o nuclear. O *Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade* considera que mesmo integrando os custos do CCS nos preços dos combustíveis fósseis estes não chegarão aos níveis das renováveis. Mais optimista, o *Consultor em gestão da energia* acredita que as renováveis venham a ser competitivas em breve face ao aumento dos preços dos combustíveis fósseis e à internalização das questões ambientais.

Em termos de oportunidades, enaltecem-se os cenários assentes em renováveis como indutores de maior inovação, capítulo no qual também se referiram os cenários descentralizados, e geradores de mais emprego, nomeadamente os que consagram a integração da biomassa, conforme realçou o *Investigador em tecnologias energéticas*, indicando ainda que os cenários descentralizados não trazem grandes benefícios a este nível. Na competitividade e geração de riqueza interna, os mesmos cenários são valorizados, como fica evidenciado nos comentários do *Dirigente de associação nacional de hidrogénio*, sublinhando as mais-valias dos cenários '1. Renováveis dominantes' e '5. Pequena escala e combustíveis líquidos' por obrigarem a montar toda ou grande parte da cadeia de hidrogénio no país. Já os cenários assentes em combustíveis fósseis poucas vantagens trazem neste âmbito, "são produtos chave na mão" mencionou este agente.

Crítérios sociais

Apesar de uma maior diversidade de critérios, este agrupamento permitiu fazer uma clara distinção entre os cenários assentes em renováveis e os restantes. Preferência dada uma vez mais ao cenário 1, seguido de perto pelo 3 e 5, pela imagem mais positiva que as energias renováveis têm e a maior diversidade de oferta que permitem. Foram ainda valorizados os cenários com maior número de usos para o hidrogénio, o que torna estas tecnologias mais acessíveis às massas. A menor aceitação pública da solução nuclear do cenário 2 penalizou-o, empurrando-o para o último posto. A questão do recurso à biomassa patente em 3 cenários foi também referida por alguns agentes como sendo um factor positivo para a agricultura, maximizando os recursos agrícolas.

As soluções descentralizadas foram por vezes penalizadas pelos receios que poderão induzir nas pessoas devido ao armazenamento de hidrogénio nas suas casas ou nas estações de abastecimento. O *Especialista em economia do carbono* considerou no entanto que a alteração da forma de lidar com a energia imposta, essencialmente, pelo cenário '3. Electricidade descentralizada' trará grandes vantagens aos agregados familiares, passando estes a participar na produção energética e a retirar daí benefícios financeiros.

Nota ainda para o *Engenheiro na indústria dos gases industriais* que considera os combustíveis líquidos mais complicados em termos de segurança pública que o hidrogénio na forma gasosa, não vendo vantagens na solução preconizada no cenário 5.

Critérios tecnológicos

Tal como referido acima, os cenários centralizados, mais ambiciosos em termos tecnológicos, repartiram o fundo de uma tabela onde se destacou, para além do *status quo*, o cenário '3. Electricidade descentralizada', sem necessidade de grandes avanços tecnológicos ao nível da distribuição. Este facto foi suficiente para lhe conferir uma vantagem sobre as aparentemente menos complexas soluções dos cenários '4. Gás natural descentralizado' e '5. Pequenas escala e combustíveis líquidos'.

Este último cenário mereceu alguns comentários quanto à incerteza de que ainda se rodeia a alternativa do metanol para uso nos transportes, semelhante ao que sucedeu no cenário '2. Não renováveis e bioenergia centralizadas' relativamente ao CCS. Também o baixo rendimento das electrólises foi várias vezes apontado como um obstáculo à afirmação dos cenários que as integram, contrariamente às observações feitas à reforma e gaseificação, processos em estados de desenvolvimento mais adiantados.

Outros critérios

A heterogeneidade de critérios identificados nesta categoria não ficou espelhada nas classificações ponderadas dos diferentes cenários, acompanhando a tendência já observada e discutida na FIGURA 2. Surgem assim todos os cenários muito próximos, com um muito ligeiro destaque para o cenário 4, fruto das boas classificações nos critérios 'Apoio político', 'Balanço energético' e 'Segurança de abastecimento (operacional)'.

Relativamente ao balanço energético, os cenários que mais se aproximam do estado actual e que menos usos prevêm para o hidrogénio saem melhor classificados, pela menor necessidade de transformações energéticas e maior domínio das tecnologias. Ainda assim o *Especialista em política energética da DGEG* considerou que no caso das renováveis se pode considerar que o balanço energético é neutro dado que as perdas são compensadas pela grande disponibilidade das fontes.

3.6.2 Grupos de agentes

Quanto ao agrupamento dos agentes, procurou-se juntar experiências profissionais semelhantes, quer em termos temáticos, quer de enquadramento institucional e ainda de estar/ter estado recentemente ou não envolvido na economia do hidrogénio – aqui referidos, à falta de melhor terminologia, como ‘Peritos’ e ‘Não peritos em hidrogénio’, respectivamente. Os critérios de divisão podem obviamente ser questionáveis, mas basearam-se no conhecimento da equipa de projecto acerca da experiência profissional dos entrevistados, estando a respectiva descrição indicada na TABELA 5. Isto resultou num conjunto de 11 grupos com diversas sobreposições, resultantes da multiplicidade de funções de alguns dos agentes entrevistados. De referir que todos os agentes foram distribuídos dentro de cada categoria, ou seja, os 18 agentes estão presentes em pelo menos um dos 3 grupos da categoria ‘Área temática’, assim como nos 5 grupos do ‘Enquadramento institucional’ ou nos 2 de ‘Envolvimento no mercado de hidrogénio’.

TABELA 5 – AGREGAÇÃO DE AGENTES

Categoria	Grupo	Agentes
Área temática	Ambiente <i>Envolvimento activo actual ou no passado recente em temáticas ambientais</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Especialista em economia da energia e do ambiente - Dirigente de associação nacional de ambiente - Especialista em economia do carbono - Professor de sustentabilidade energético-ambiental - Dirigente de associação nacional de hidrogénio
	Energia <i>Envolvimento activo actual ou no passado recente em temáticas energéticas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Especialista em economia da energia e do ambiente - Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade - Engenheiro na indústria de pilhas de combustível - Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural - Engenheiro na indústria dos gases industriais - Investigador em ciência dos materiais para a energia - Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio - Especialista em política energética da DGEG - Consultor em gestão da energia - Professor de sustentabilidade energético-ambiental - Especialista em sistemas energéticos - Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade - Dirigente de associação nacional de hidrogénio - Investigador em tecnologia energética
	Transportes <i>Envolvimento activo actual ou no passado recente em temáticas de transportes</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Engenheiro na indústria automóvel - Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos - Dirigente de associação nacional de hidrogénio
Enquadramento institucional	Académicos <i>Professores universitários</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Especialista em economia da energia e do ambiente - Dirigente de associação nacional de ambiente - Especialista em economia do carbono - Professor de sustentabilidade energético-ambiental - Especialista em sistemas energético - Dirigente de associação nacional de hidrogénio - Investigador em tecnologia energética
	Administração pública <i>Colaboradores activos em entidades públicas, excepto universidades e institutos públicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Especialista em política energética da DGEG - Especialista em sistemas energéticos
	Consultores <i>Colaboradores activos em empresas ou entidades públicas ligadas à consultoria</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Especialista em economia da energia e do ambiente - Especialista em economia do carbono - Consultor em gestão da energia - Dirigente de associação nacional de hidrogénio
	Indústria <i>Colaboradores em empresas, que</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade - Engenheiro na indústria de pilhas de combustível

	<i>não de consultoria, directa ou indirectamente relacionadas com a área da energia</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural - Engenheiro na indústria dos gases industriais - Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio - Engenheiro na indústria automóvel - Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade - Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos
	Investigadores <i>Professores universitários e colaboradores de institutos públicos envolvidos em actividades de investigação</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Investigador em ciência dos materiais para a energia - Dirigente de associação nacional de ambiente - Especialista em sistemas energéticos - Dirigente de associação nacional de hidrogénio - Investigador em tecnologia energética
	ONG/Associações <i>Colaboradores activos em organizações ou associações de ambiente, energia ou transportes</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Dirigente de associação nacional de ambiente - Dirigente de associação nacional de hidrogénio
Envolvimento na economia do hidrogénio	Peritos em hidrogénio <i>Envolvimento activo actual ou no passado recente em temáticas de hidrogénio</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Engenheiro na indústria de pilhas de combustível - Engenheiro na indústria dos gases industriais - Investigador em ciência dos materiais para a energia - Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio - Consultor em gestão da energia - Especialista em sistemas energéticos - Engenheiro na indústria automóvel - Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos - Dirigente de associação nacional de hidrogénio - Investigador em tecnologia energética
	Não peritos em hidrogénio <i>Não envolvimento activo actual ou no passado recente em temáticas de hidrogénio</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Especialista em economia da energia e do ambiente - Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade - Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural - Dirigente de associação nacional de ambiente - Especialista em economia do carbono - Especialista em política energética da DGEG - Professor de sustentabilidade energético-ambiental - Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade

Com base nesta divisão, analisaram-se os resultados de cada grupo para os 6 cenários, tal como se pode observar nas figuras seguintes (FIGURA 6, FIGURA 7 e FIGURA 8).

A divisão dos agentes por área temática levou à criação de 3 grupos, com alguns agentes a integrarem mais de um grupo. Como seria de esperar, dado o âmbito do estudo, o grupo 'Energia' foi o mais representado. Os agentes deste grupo, juntamente com os de 'Ambiente', não atribuíram uma grande variedade de notas aos diferentes cenários, o que poderá representar uma maior certeza na classificação concedida e no formato de uma futura economia do hidrogénio. Já o grupo 'Transportes', apesar de ser o menos representado com apenas 3 agentes, contrasta com os outros grupos, apresentando bandas largas de valores atribuídos, demonstrando a maior imprevisibilidade que antecipam para o hidrogénio enquanto vector energético. É curioso verificar que as maiores incertezas vêm do sector onde provavelmente maiores investimentos se têm feito na introdução do hidrogénio, o que poderá ser evidência dos pouco consistentes avanços dados.

Nos grupos 'Ambiente' e 'Energia' a avaliação é relativamente semelhante em termos da ordenação dos diferentes cenários. Em ambos os grupos os cenários com maior presença de renováveis como fonte primária surgem claramente destacados dos restantes embora muito próximos entre si, residindo as principais diferenças no cenário que surge à frente – 'Electricidade descentralizada' no caso de 'Ambiente' justificada pela mais-valia da micro-geração e 'Renováveis dominantes' para o de 'Energia' explicada pela

forte presença de renováveis –, e na diferença para os cenários com maior peso de combustíveis fósseis – maior em ‘Ambiente’. Outra diferença que se pode notar é a colocação do cenário ‘Status quo’, colado aos cenários com menor presença de não renováveis no grupo ‘Energia’ e claramente para trás no grupo ‘Ambiente’, demonstrando a maior importância concedida às questões económicas e tecnológicas dada pelos elementos do primeiro grupo em comparação com o segundo.

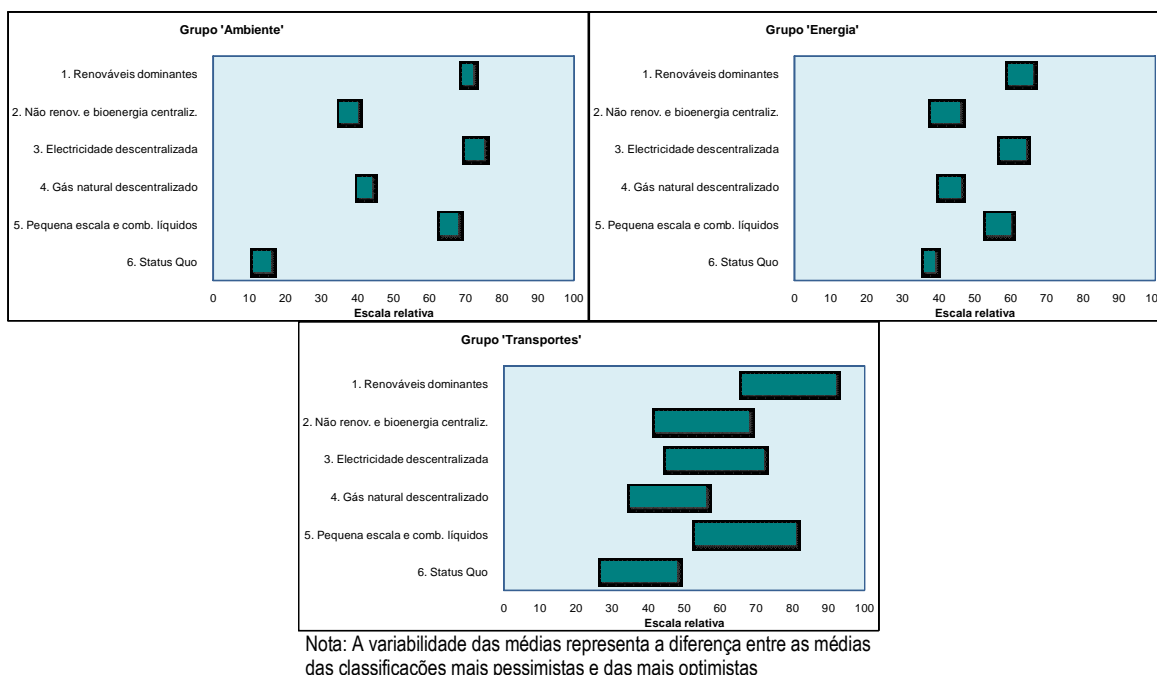
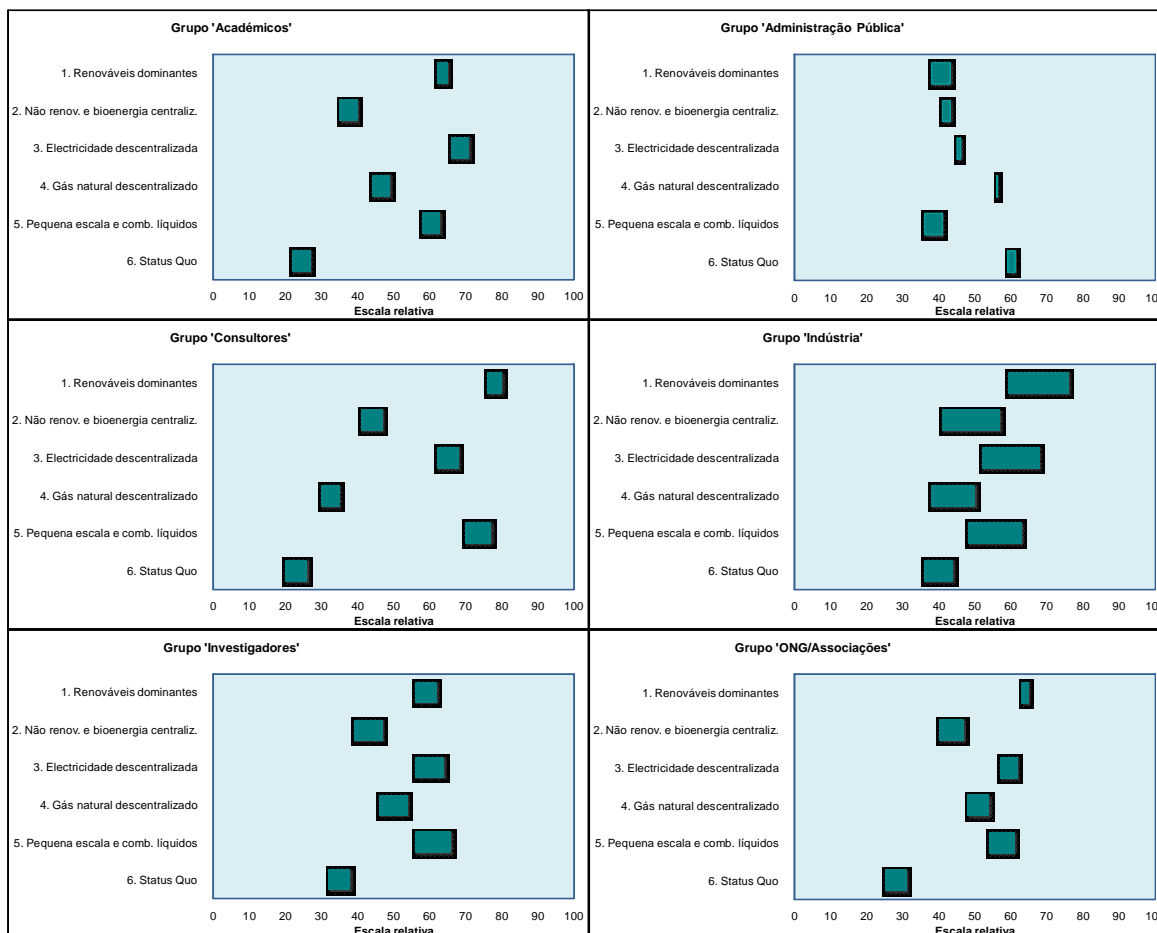


FIGURA 6 – MÉDIA DAS CLASSIFICAÇÕES PONDERADAS DOS GRUPOS DE AGENTES DA CATEGORIA ‘ÁREA TEMÁTICA’ PARA OS 6 CENÁRIOS

No grupo ‘Transportes’ surgem igualmente os cenários assentes em renováveis com maior destaque, essencialmente no caso do cenário ‘Renováveis dominantes’. Em seguida surge o ‘Pequena escala e combustíveis líquidos’, impondo-se ao ‘Electricidade descentralizada’, o que demonstra a aceitação que as alternativas ao hidrogénio nos transportes recolhem neste grupo. O cenário ‘Não renováveis e bioenergia centralizadas’ surge muito próximo do 3.º colocado reunindo críticas positivas à maior variedade de tipos de fontes para a produção de hidrogénio. Apesar da grande banda de notas, este grupo de agentes foi o único onde este último cenário surgiu, grosso modo, à frente do cenário ‘Gás natural descentralizado’, valorizado pela presença da CCS e da biomassa.



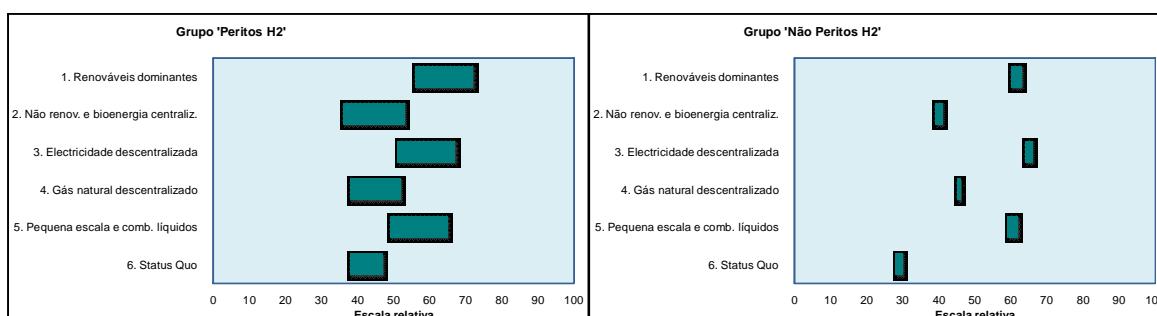
Nota: A variabilidade das médias representa a diferença entre as médias das classificações mais pessimistas e das mais optimistas

FIGURA 7 – MÉDIA DAS CLASSIFICAÇÕES PONDERADAS DOS GRUPOS DE AGENTES DA CATEGORIA ‘ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL’ PARA OS 6 CENÁRIOS

A categoria ‘Enquadramento institucional’ resultou no maior número de grupos produzidos e consequentemente num naipe mais lato de resultados. O primeiro dado a destacar é a avaliação dissonante do grupo ‘Administração pública’ – grupo com menor número de representantes, apenas 2 – face aos restantes grupos. Este foi o único caso em que os cenários com maior peso de renováveis não foram claros vencedores face aos restantes. Deu-se mesmo o caso de o cenário melhor classificado ser o ‘Status quo’, fruto da menor receptividade às tecnologias de hidrogénio do *Especialista em política energética da DGEG* pela sua ineficiência energética e da maior valorização das questões económicas e tecnológicas na avaliação do *Especialista em sistemas energéticos*. Observa-se ainda neste grupo que na ordem de classificação dos cenários surge de seguida o cenário ‘Gás natural descentralizado’, o que mais se aproxima do estado actual, e mais para trás vem o ‘Electricidade descentralizada’, pouco destacado dos remanescentes, mas ainda assim parecendo dar uma prevalência para as soluções descentralizadas.

Em todos os outros grupos notou-se a tendência de valorização das propostas assentes em fontes renováveis para a produção de hidrogénio, com destaque para os grupos ‘Académicos’ e ‘Consultores’ que foram os que mais marcadamente acentuaram a diferença para os cenários não maioritariamente renováveis. A avaliação destes dois grupos destoa apenas nas classificações dos cenários descentralizados, mais favorecidos no ‘Académicos’ do que no caso do ‘Consultores’.

Nos grupos ‘Indústria’, ‘Investigadores’ e ‘ONG/Associações’ as notas foram mais aproximadas com menor destaque para os cenários 1, 3 e 5 face aos restantes, sendo de realçar o caso do ‘Investigadores’ que dá uma ligeira prevalência ao cenário ‘Pequena escala e combustíveis líquidos’, valorizando a descentralização da produção a partir de renováveis e a presença dos combustíveis líquidos. Fica também evidente que de entre estes 3 grupos o ‘Indústria’ é o único que coloca o cenário ‘Gás natural descentralizado’ atrás do ‘Não renováveis e bioenergia centralizadas’, apoiando a inclusão da CCS e do nuclear, embora neste último caso sendo menos consensual entre os diferentes agentes do grupo.



Nota: A variabilidade das médias representa a diferença entre as médias das classificações mais pessimistas e das mais optimistas

FIGURA 8 – MÉDIA DAS CLASSIFICAÇÕES PONDERADAS DOS GRUPOS DE AGENTES DA CATEGORIA ‘ENVOLVIMENTO NA ECONOMIA DO HIDROGÉNIO’ PARA OS 6 CENÁRIOS

O agrupamento dos agentes por ‘Envolvimento na economia do hidrogénio’ forneceu resultados curiosos. O primeiro facto a saltar à vista é a semelhante preferência para as energias renováveis como fontes para a produção de hidrogénio, traduzidas nos cenários 1, 3 e 5. Uma ligeira preferência pelo mais ambicioso cenário ‘Renováveis dominantes’ no caso do ‘Peritos H₂’, ao passo que os ‘Não peritos H₂’ dão primazia ao cenário ‘Electricidade descentralizada’. O segundo facto prende-se com a maior proximidade entre os cenários com forte presença de renováveis e os restantes no grupo ‘Peritos H₂’, diferença mais vincada no outro grupo, com os cenários 1, 3 e 5 a surgirem bem destacados do 2, 4 e 6. Esta proximidade poderá querer indicar a maior necessidade que este grupo de agentes sente por um *mix* de soluções de produção de hidrogénio, quer em termos de fontes, quer nas formas de produção centralizadas/descentralizadas.

Por último, parece haver uma maior incerteza nas respostas do grupo 'Peritos H₂', contrastando com as bandas estreitas do grupo 'Não peritos H₂'. Esta leitura não pode no entanto ser directa, uma vez que, tal como já discutido em capítulo anterior, a preferência por notas variáveis ou únicas pareceu ser uma opção à partida para a classificação e não tanto devido a uma análise apurada da incerteza associada. Pode-se mesmo considerar que o maior conhecimento deste grupo de agentes sobre a economia do hidrogénio lhes permite ter uma noção mais concreta dos factores condicionantes do desempenho dos diferentes cenários e da variabilidade agregada.

3.7 Discussão dos resultados

A nota dominante nos comentários prévios aos 5 cenários merece destaque neste capítulo: o futuro do hidrogénio em Portugal não vai passar por nenhum destes cenários em particular, mas por uma mistura de vários. São estas as tendências das políticas energéticas actuais, a da diversificação, nomeadamente das fontes no sentido de assegurar a segurança no abastecimento.

Ainda assim os cenários com maior presença de fontes renováveis para a produção de hidrogénio – '1. Renováveis dominantes', '3. Electricidade descentralizada' e '5. Pequena escala e combustíveis líquidos' – foram valorizados, sublinhando-se ainda a inclusão do hidrogénio nos transportes como uma das principais vantagens destas tecnologias. Por outro lado, o facto de em diversas ocasiões alguns dos cenários ficarem atrás do estado actual demonstra que a opção pelo hidrogénio não é automaticamente uma solução sustentável.

Relativamente aos critérios criados pelos agentes, pode-se afirmar que os agentes portugueses valorizam um pouco mais as barreiras que a economia do hidrogénio terá de enfrentar para se afirmar do que as oportunidades criadas pela adopção deste novo vector energético. Isto fica patente no maior peso conferido aos critérios económicos – embora nem todos os critérios deste grupo devam ser entendidos como barreiras – e tecnológicos em comparação com os ambientais e de dependência externa.

Para facilitar a discussão dos resultados, esta divide-se pelos principais blocos das cadeias contempladas nos cenários – fontes, produção e distribuição e usos –, áreas que reuniram a grande maioria dos comentários dos agentes, e pelas barreiras e oportunidades identificadas.

Fontes

Em termos de fontes, apesar da valorização do *mix* energético, as renováveis deverão assumir um papel fulcral na economia do hidrogénio, com algum destaque para o eólico e solar. Só assim se assegura a maximização dos benefícios ambientais associados ao recurso ao hidrogénio. No entanto, alguns agentes alertam para o facto de que estas fontes não têm capacidade para assegurar o fornecimento de grandes quantidades de hidrogénio, nomeadamente para os cenários mais ambiciosos em termos de usos, bem como são demasiado dispendiosas para uma massificação das tecnologias de hidrogénio. Outros contrapõem com a rápida subida dos preços dos combustíveis fósseis e internalização das questões ambientais que tornarão competitivas as fontes renováveis.

As fontes não renováveis foram diversas vezes indicadas como opções em sentido contrário ao da sustentabilidade e da segurança no abastecimento, mas igualmente como inevitáveis, pela sua disponibilidade e baixo preço. Efectivamente, parte dos entrevistados considera que o caminho para uma economia do hidrogénio não pode fugir a estas fontes, essencialmente o gás natural, carvão e, em menor escala, o nuclear. Se por um lado, no caso das duas primeiras fontes, estas são indicadas como fontes fulcrais para uma fase de transição na introdução do hidrogénio, apesar das dúvidas levantadas quanto ao sucesso da CCS associado, já o nuclear foi mencionado por alguns agentes como uma fonte central para a produção futura deste novo vector energético pela sua grande capacidade de produção. Mas a questão em torno do nuclear não foi, como seria de esperar, consensual, com grande parte dos agentes a afastarem por completo esta fonte do leque de opções energéticas futuras para Portugal, indicando, entre outras justificações, as barreiras políticas, de aceitação pública e até escassez de recursos humanos especializados.

Produção e distribuição

Apesar de explicitamente não ter sido elogiada com frequência, a produção centralizada com distribuição por *pipelines* obteve classificações positivas na fase de avaliação, em particular quando associado às energias renováveis. Já a produção descentralizada foi várias vezes louvada como uma tendência futura para a produção de electricidade, sublinhando as mais-valias da micro-geração associada às fontes renováveis e as menores perdas pela aproximação da produção à procura. No entanto, a descentralização da produção de hidrogénio assente na rede eléctrica foi alvo de diversas críticas, pelas muitas conversões que implica e consequentes perdas de rendimento, apesar de ser ainda assim uma solução a considerar para os transportes, aproveitando uma infra-estrutura já existente.

Em termos de tecnologias de produção, a electrólise foi diversas vezes indicada como um factor limitativo à afirmação do hidrogénio como vector energético, devido à sua baixa eficiência. O forte desenvolvimento tecnológico deste processo foi referido como essencial para o sucesso da produção de hidrogénio a partir de algumas fontes renováveis. Já a reformação, e a gaseificação também mas menos vezes, foi indicada como relativamente consolidada e competitiva actualmente, pelo que o recurso sobretudo ao gás natural para a produção do hidrogénio é certamente uma opção importante para o médio prazo na afirmação das tecnologias de hidrogénio.

Usos

Os transportes são o uso mais valorizado para o hidrogénio, várias vezes referido como o sector onde a electricidade não chega e que importa alcançar, numa perspectiva de um “mundo eléctrico”. As atenções centram-se sobretudo nos modos rodoviários, sendo os restantes modos alvo de poucos comentários. No entanto, diversos agentes realçaram o papel dos combustíveis líquidos como alternativa ao hidrogénio, pelas facilidades logísticas e maior avanço nas tecnologias associadas, apesar de este também poder ser parte integrante da produção dos primeiros, como no caso do metanol.

A discussão em torno do hidrogénio para co-gerações industriais e domésticas foi mais heterogénea. De um lado os apologistas do recurso às pilhas de combustível para melhorar significativamente a eficiência associada a este processo, do outro os detractores que apontam a ineficiência da passagem de electricidade a hidrogénio e depois novamente a electricidade ou de gás natural a hidrogénio ao invés de o utilizar directamente na co-geração. Ligeira vantagem foi no entanto dada às co-gerações industriais face às residenciais, pelos maiores incentivos atribuídos visando a sua eficiência.

A capacidade de armazenamento sob a forma de hidrogénio da energia produzida por fontes renováveis em períodos fora de pico foi também alvo de opiniões díspares. Alguns agentes evidenciaram a importância do hidrogénio para este nivelamento na produção de electricidade, ao passo que outros preferiram enaltecer tecnologias alternativas como a bombagem nas hidroeléctricas, desprezando o hidrogénio.

Barreiras e oportunidades

As grandes barreiras à economia do hidrogénio identificadas foram os custos e o desenvolvimento tecnológico de muitas das soluções preconizadas nos 5 cenários. A estas duas questões, mas sobretudo aos custos, foram conferidos pesos altos, superiorizando-se aos aspectos ambientais e de dependência externa. Isto parece indicar que nos anos vindouros há necessidade de concentrar as atenções nestas duas áreas,

quer pelo lado da tecnologia, apostando na investigação e desenvolvimento de modo a permitir avanços significativos que permitam tecnologias mais eficientes e menos dispendiosas, quer do lado dos custos, promovendo políticas de apoio a estas tecnologias para o fornecimento de energia.

Neste sentido, a imagem menos positiva que o *Especialista em política energética da DGEG* revelou pelas tecnologias de hidrogénio é um facto a realçar. Apesar de ser abusivo extrapolar este resultado para toda a Administração Pública, pode contudo ser indicativo da necessidade de uma mais estreita ligação entre a indústria e restantes agentes da economia do hidrogénio e o poder político. Há que envidar esforços para que a Administração Pública não seja meramente o órgão decisório no fim do processo mas torná-lo em mais um agente envolvido e participativo na economia do hidrogénio.

Em detalhe, pode-se referir que os custos de investimento dos cenários mais ambiciosos penalizaram-nos, o mesmo sucedendo em termos das tecnologias associadas. Alinhado com esta previsão, o mesmo prognóstico é avançado para os custos da energia nestes cenários. Os cenários mais beneficiados na avaliação destes grupos de critérios são os descentralizados, identificados como necessitando de menores investimentos e mais plausíveis num panorama de contenção financeira ou de menor desenvolvimento tecnológico.

Aliada à questão das tecnologias, a eficiência foi dos pontos mais vezes referidos pelos detractores do hidrogénio para determinadas aplicações, nomeadamente no caso da co-geração, pelas conversões necessárias, que acarretam importantes perdas de rendimento.

Em sentido contrário, determinados agentes desvalorizaram estas questões indicando que os custos serão uma falsa questão no horizonte temporal contemplado, o mesmo apontando para as barreiras tecnológicas, que certamente serão capazes de ser torneadas nos próximos 20 a 40 anos. Adicionalmente, alguns agentes referiram que a internalização das questões ambientais nos custos será certamente promotora de soluções mais sustentáveis como o hidrogénio em oposição aos combustíveis fósseis.

A aceitação pública não foi vista como impeditiva da introdução do hidrogénio como vector energético em Portugal, sendo que as mais-valias ambientais, essencialmente por permitir a substituição dos combustíveis fósseis nos transportes, jogam a seu favor.

O ambiente e a segurança no abastecimento foram as questões mais vezes referidas como forças motrizes para a economia do hidrogénio. Mas tal como referido anteriormente, por si só não parecem ser suficientes para tornar realidade a economia do hidrogénio. A aposta mais forte parece ser a da substituição dos combustíveis fósseis nos transportes, pelas suas inequívocas vantagens ambientais, essencialmente em termos de diminuição das emissões de gases poluentes, e pela importante redução da dependência externa.

Os agentes parecem não apostar tanto nas vantagens do recurso a pilhas de combustível a hidrogénio na co-geração ou nos equipamentos portáteis para a afirmação do hidrogénio no panorama energético. No âmbito da avaliação destas duas áreas, são os cenários com maior incorporação de renováveis na produção do hidrogénio que são valorizados.

Como nota final, um comentário à imprevisibilidade, algumas vezes referida no decurso das entrevistas, de todas estas questões em torno da energia, a “futuologia” como alguns referiram. Esta “neblina” que paira sobre o futuro próximo não deve ser vista como inibidora de tentar perceber o que poderá estar para além dela. Quando se enfrentam questões a 20/30 anos muitas vezes se cai no plano da “questão de fé”. É assim com muitas tecnologias, como o hidrogénio, o CCS ou os biocombustíveis, entre outros, mas não querer ou ter receio de olhar para o futuro, faz-nos cair no plano da reactividade, esperando pelos desenvolvimentos tecnológicos externos. Não consideramos que seja esta a estratégia acertada para Portugal.

Há um grande desenvolvimento ao nível do conhecimento nos tempos recentes. Provavelmente as crenças de alguns estiveram por trás da adopção recente de metas ambiciosas para os biocombustíveis a nível da UE e igualmente em Portugal. Actualmente muito debate está a ser suscitado em redor da efectiva mais-valia desta opção quando considerado todo o seu ciclo de vida, levando mesmo a UE a recuar nas suas metas. Comparativamente com o hidrogénio, os biocombustíveis apresentam a vantagem de duas das principais barreiras do primeiro – desenvolvimento tecnológico e custos – os afectarem em menor escala, o que poderá explicar a tentativa da sua rápida adopção. Este facto realça a importância de contornar estas barreiras para que rapidamente se possa chegar a um estágio de definição formal de metas para o hidrogénio.

O hidrogénio é uma das novas tecnologias energéticas em que maiores investimentos se fazem pelo mundo fora. Será Portugal capaz de assumir a relevância deste vector energético em que outros têm vindo a apostar fortemente?

Referências bibliográficas

CCE (2007) *Uma Política Energética para a Europa*, COM(2007)1 final, Comissão das Comunidades Europeias, Bruxelas

McDowall, W. & Eames, M. (2006) *Towards a Sustainable Hydrogen Economy – A multi-criteria mapping of the UKSHEC hydrogen futures*, UK Sustainable Hydrogen Energy Consortium, Policy Studies Institute, London

Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005 (2005) *Estratégia Nacional para a Energia*, Diário da República – I Série B, n.º 204, 24 de Outubro de 2005, pp 6168-6176, INCM, Lisboa

Anexo 1 – Lista de entrevistados e respectiva designação profissional

Entrevistado	Instituição	Designação profissional
Álvaro Martins	CEEETA/ISEG-UTL	Especialista em economia da energia e do ambiente
António Mano	EDP	Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade
Campos Rodrigues	SRE	Engenheiro na indústria de pilhas de combustível
Cancella de Abreu	Galpenergia	Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural
Carlos Lopes	Air Liquide	Engenheiro na indústria dos gases industriais
Carmen Rangel	INETI	Investigador em ciência dos materiais para a energia
Francisco Ferreira	Quercus/FCT-UNL	Dirigente de associação nacional de ambiente
Júlia Seixas	E-Value/FCT-UNL	Especialista em economia do carbono
Miguel Carvalho	Agni	Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio
Morais Sarmiento	DGEG	Especialista em política energética da DGEG*
Mota Torres	INEGI	Consultor em gestão da energia
Oliveira Fernandes	FEUP	Professor de sustentabilidade energético-ambiental
Paulo Ferrão	MIT Portugal/IST-UTL	Especialista em sistemas energéticos
Pedro Meunier	Honda Portugal	Engenheiro na indústria automóvel
Ricardo Pereira	REN	Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade
Rocha Teixeira	STCP	Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos
Tiago Farias	AP ² H ₂ /IST-UTL	Dirigente de associação nacional de hidrogénio
Toste Azevedo	IST-UTL	Investigador em tecnologia energética

* Direcção-Geral de Energia e Geologia

Anexo 2 – Lista de critérios por categoria

Grupo de critérios	Crítérios (por ordem alfabética)
Ambiente	Aquecimento global
	Ciclo do CO ₂ e balanço energético
	Emissões
	Emissões de CO ₂
	Emissões de gases com efeito estufa
	Gases com efeito estufa
	Impactes ambientais
	Recursos energético-ambientais
Dependência externa	Consumo de combustíveis não renováveis
	Dependência energética
	Dependência externa
	Recursos endógenos
	Segurança no abastecimento
Economia	Compatibilização oferta/procura
	Competitividade
	Criação de emprego
	Criação de oportunidades
	Custo/investimento
	Custos da energia/competitividade
	Custo da unidade energética
	Custos de investimento
	Custos de investimento e de operação
	Custos de produção e logísticos
	Custos e competitividade
	Custos globais
	Emprego
	Geração de riqueza interna
	Impacte macroeconómico
	Inovação como factor de competitividade económica
	Investimento
	Investimento em infra-estruturas
Sustentabilidade económica	
Social	Aceitação pública
	Acesso à tecnologia
	Adesão do público
	Diversidade de oferta
	Impactes sociais
	Organização social
	Segurança pública
	Utilização dos recursos locais
Tecnologia	Barreiras tecnológicas
	Dependência de factores exógenos (na implementação)
	Eficiência das tecnologias
	Estado da tecnologia
	Industrialização das tecnologias
	Risco de insucesso tecnológico
	Viabilidade tecnológica
Outro	Apoio político
	Balanço energético
	Descentralização da produção
	Disponibilidade das fontes energéticas

	Eficiência energética
	Segurança de abastecimento (operacional)

Anexo 3 – Lista de critérios por agente e respectivas definições

Agente	Crítérios	Definição
Especialista em economia da energia e do ambiente	Emissões de CO ₂	Ou GEE, não são relevantes as emissões locais. O preço do carbono pode ajudar ao desenvolvimento tecnológico, o que levará a menores emissões, pelo que basta resumir neste critério as questões ambientais. Fica implícito que o desenvolvimento tecnológico é arrastado pela necessidade de reduzir emissões de CO ₂
	Dependência externa	Redução da dependência de combustíveis de origem fóssil
	Custo/investimento	Estamos numa economia de mercado, não podemos fugir desta questão. Definido em termos competitivos
	Criação de emprego	Oportunidades criadas, dinamização da actividade económica e consequente criação de emprego, importante para a sustentabilidade das regiões. Pode ser igualmente importante na concessão de apoios estatais
Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade	Custos globais	Investimento e uso, todo o ciclo, internalizando todos os custos directos e indirectos, nomeadamente os ambientais e de saúde humana. Esta será uma realidade no futuro, apesar de requerer vontade política. Critério muito importante, dominante. As restantes questões se não se traduzirem em custos acabam por não ter importância
	Aceitação pública	Sentimento de segurança, nomeadamente associado ao nuclear e CCS, por exemplo, tecnologias que têm de convencer as pessoas de que são seguras. Questão complicada de gerir
Engenheiro na indústria de pilhas de combustível	Impactes ambientais	Driver desta questão, prévio a tudo isto, determinante, pressuposto para qualquer um dos cenários
	Segurança no abastecimento	Diminuição das dependências do exterior, essencialmente questões geo-políticas
	Impacte macroeconómico	Oportunidades, novas áreas, criação de clusters
	Investimento	Necessidades de investimento, nível de investimentos associado, sem efeitos macroeconómicos
	Sustentabilidade económica	Custos e viabilidade económica das soluções, sem alterar os padrões de vida actuais, decorrente do acréscimo dos preços da energia (ex: se o preço do litro de gasolina em 2030-2050, com a escassez do petróleo, andar nos €100 ou €200, as pessoas ficarão bloqueadas se não tiverem alternativas)
Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural	Estado da tecnologia	Estado de desenvolvimento das tecnologias, <i>roadmap</i> das tecnologias, a tecnologia está ou não disponível
	Emissões de gases com efeito estufa	Não só de CO ₂
	Segurança do abastecimento	Rarefação dos combustíveis fósseis, substituição destes combustíveis
	Custos de produção e logísticos	Custos de produção, e da logística associada (transporte, etc.). Peso importante da electrólise (quando este custo for tão baixo quanto o da reformação, poderemos pensar em soluções alternativas às actuais), é um travão a estes desenvolvimentos. O custo da unidade energética acabará por reflectir estes custos de produção
Engenheiro na indústria dos gases	Diversidade de oferta	Da diversidade retiram-se benefícios para as populações. Diversidade de energias e de actores
	Aquecimento global	Emissões de CO ₂ e tudo o que isso implica em termos climáticos

industriais	Custos globais	De uma forma global, custos de investimento (incluindo a dificuldade tecnológica para implementação destas opções) e custo final para o público
	Disponibilidade das fontes energéticas	Disponibilidade global, em todos os pontos do mundo. Numa óptica de dependência energética, segurança no abastecimento, “fugir das amarras de 3 ou 4 regiões do mundo”
	Segurança pública	Segurança física, de pessoas e bens. Tem a ver com as unidades onde se produz, onde se manipula, e com a envolvente
Investigador em ciência dos materiais para a energia	Impactes ambientais	Impactes, emissões, saúde
	Custos e competitividade	Custos, competitividade, criação de cadeias de produção nacionais
	Apoio político	Mudança do paradigma energético só com apoio político, pelos elevados custos que acarreta – só com incentivos, nomeadamente ao desenvolvimento das tecnologias. O mercado só por si não consegue fazer avançar. É necessária uma estratégia e que só pode ser assegurada pelo poder político. Também outras questões em causa, como a segurança no abastecimento, p. ex. O critério entende-se como o apoio político (conjugação da necessidade da sua existência para que o cenário vingue com a sua efectiva existência, como no caso das renováveis p. ex.), só com políticas lá se chega
	Utilização dos recursos locais	Forma de resolução dos problemas energéticos das comunidades, mais-valia da produção local – mais emprego, nomeadamente na utilização de um recurso local para o desenvolvimento
Dirigente de associação nacional de ambiente	Barreiras tecnológicas	Barreiras existentes para a implementação das tecnologias, investimentos necessários em I&D, empenhamento da parte política. Valência das tecnologias próprias – tendo em vista a endogeneização do sistema energético. Integra as questões de segurança (no manuseamento p. ex.) e regulamentação
	Emissões de CO ₂	Em termos de ciclo de vida. Exemplo: nos biocombustíveis só há 30% de ganhos relativamente ao petróleo, mas se os analisarmos em termos de ciclo de vida já não são tão atractivos
	Custo da unidade energética	Preços entre diferentes fontes. Custos da unidade energética, custos de operação
	Acesso à tecnologia	Não se pretende que o hidrogénio esteja apenas disponível para determinadas pessoas. Combinação da maior diversidade de usos finais com a lógica de produção/distribuição
Especialista em economia do carbono	Viabilidade tecnológica	Maior peso das tecnologias, ou seja, necessidade de maior desenvolvimento das tecnologias
	Gases com efeito estufa	Na parte ambiental, são os GEE que irão orientar as políticas nos próximos 30 a 50 anos. Minimização/anulação das emissões. Considera a utilização directa e não o ciclo de vida, por não ter dados sobre este. O critério deve ser também entendido como factor de competitividade determinante no quadro da economia de baixo C e numa perspectiva de que as alterações climáticas são um vector cada vez mais identificado com problemas internacionais, nomeadamente de paz, ou seja não é uma mera óptica ambientalista
	Recursos endógenos	Maximização/optimização dos recursos endógenos
	Inovação como factor de competitividade económica	Opção por este critério na área económica ao invés dos custos por desconhecer estes
	Organização social	Alteração da estrutura social. É diferente ter o hidrogénio só nos transportes ou também nas casas. Diferente de

		aceitação pública
Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio	Emissões de CO ₂	-
	Segurança do abastecimento	Abastecimento ao país de fontes primárias. Ao falar de segurança do abastecimento estão-se a considerar políticas públicas
	Investimento	Esforço financeiro necessário, encarado de uma forma global, independentemente de este ser público ou privado
Especialista em política energética da DGEG	Emissões de CO ₂	-
	Custos de investimento e de operação	Não integra o custo por unidade energética
	Balanço energético	Eficiência, balanço entre energia gasta e ganha. O balanço energético é encarado de forma diferente para cenários renováveis ou não renováveis, uma vez que no primeiro caso este não é muito relevante, pela disponibilidade "infinita" destas fontes. Não considera as mais-valias do sistema energético na sua globalidade
	Barreiras tecnológicas	A montante na disponibilização do hidrogénio e a jusante na sua utilização
Consultor em gestão da energia	Emissões de gases com efeito estufa	Não é só C. As questões ambientais em torno da energia andam à volta das emissões
	Custos da unidade energética	Custo das fontes tradicionais, com internalização das questões ambientais. Conforme vamos aumentando o custo das fontes tradicionais (e o aumento destas assume-se como sendo elevado nos próximos tempos), permitimos mais cenários
	Eficiência das tecnologias	Desenvolvimento das tecnologias. Sem o desenvolvimento das tecnologias tudo ficaria na mesma
	Industrialização das tecnologias	Das tecnologias do hidrogénio. Economia de escala, aposta nas tecnologias. Distingue-se do critério 'Eficiência das tecnologias' porque mesmo com as actuais eficiências das pilhas de combustível, por exemplo, se se apostasse na sua industrialização já se poderia ter alguma competitividade, embora pouca
Professor de sustentabilidade energético-ambiental	Recursos energético-ambientais	Impossível dissociar energia do ambiente. A energia não pode ser vista meramente como energia, mas como ambiente, a energia é parte do ambiente. Ideia do recurso. À semelhança da água, por exemplo, também a energia é um recurso
	Compatibilização oferta/procura	Adequação das fontes aos locais e usos
	Descentralização da produção	As redes estão associadas à qualidade de abastecimento (ininterruptibilidade, potência, estabilidade), a sua grande mais-valia. Em lógica de complementaridade e não de auto-suficiência, como <i>net balance</i>
Especialista em sistemas energéticos	Emissões de CO ₂	-
	Consumo de combustíveis não renováveis	-
	Custo da unidade energética	-
	Investimento em infra-estruturas	Custo das infra-estruturas. Investimento público
	Emprego	Geração de emprego qualificado
	Aceitação pública	Não lida somente com o receio na adopção de novas tecnologias potencialmente "perigosas", mas também com a melhor aceitação de soluções ambientalmente favoráveis (mas em menor escala, "as pessoas não se apercebem muito disso")
	Risco de insucesso tecnológico	Consagra o maior ou menor risco de determinadas tecnologias serem inviáveis e também a capacidade de suprir as necessidades
Engenheiro na indústria automóvel	Emissões	-
	Custos globais	Custos de efectivação dos cenários, "pôr isto tudo a

		funcionar”. Imprevisibilidade das variações de custos. Preços das fontes primárias
	Impactes sociais	Disponibilidade de energia para as pessoas. Impactes das infra-estruturas – paisagísticos no caso dos parques solares e eólicos e igualmente de ruído neste último caso. Alteração dos métodos agrícolas. Sentimento de contributo para o ambiente
Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade	Impactes ambientais	Avaliação renováveis vs. combustíveis fósseis
	Dependência energética	Dependência do exterior, importação de energia primária. Mais-valia da exploração dos recursos endógenos
	Criação de oportunidades	Mais lato. Para o desenvolvimento do país, evolução da economia nacional, criação de emprego, inovação, mais actores no mercado. Algumas destas soluções trazem ideias novas e isso traz muitas oportunidades. Diferencia do critério ‘Competitividade’ por focar as questões internas e não as externas
	Custos da energia/competitividade	Inclui os custos de investimento em infra-estruturas, investigação, etc. Integra as questões globais, UE, contexto mundial
	Segurança de abastecimento (operacional)	Mais numa perspectiva operacional, balanço entre oferta e procura, garantir que não haja <i>blackouts</i> . Considera a intermitência associada às renováveis – eólica, ondas,... – o que obriga a complementar estas energias, porque ela não é “despachável”
	Dependência de factores exógenos (na implementação)	Tudo o que foge à economia do hidrogénio, depende do desenvolvimento de outras tecnologias externas a este mundo (ex: CCS, nanotecnologias, etc.)
Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos	Impactes ambientais	Impactes ambientais globais
	Eficiência energética	-
	Adesão do público	Não no sentido de as pessoas terem receio no uso mas de serem mais favoráveis à escolha, soluções a que as pessoas aderem com maior facilidade ou rapidez
Dirigente de associação nacional de hidrogénio	Ciclo do CO ₂ e balanço energético	Ciclo do CO ₂ , porque o hidrogénio não polui localmente, a sua utilização no local não polui, emite água. Balanço energético, o que se gasta para a produção do hidrogénio. Integra aqui a questão das renováveis, uma vez que se forem necessários 10MJ para produzir 1MJ de H ₂ , o que é um descalabro, se a fonte for renovável, logo inesgotável, as preocupações são diferentes do que se fosse uma fonte finita
	Segurança no abastecimento	É isto que move o hidrogénio. Critério muito importante. Entendido como <i>security of supply</i> . Petróleo e GN muito instáveis
	Custo da unidade energética	O critério económico é fundamental, mas deve ser visto de uma forma integrada – custo da unidade energética adicionado à geração de riqueza no país, só assim se pode assumir que baixam os impostos. Se o hidrogénio é todo importado e não paga imposto, não parece boa ideia, mas se o hidrogénio gera riqueza, desenvolvimento agrícola, etc., parece mais interessante, porque o custo é muito elevado. Actualmente temos custos que ainda não justificam a introdução no mercado. Há dois custos: custo de produzir e ganho das externalidades (posse da tecnologia). São dois desafios e que o país deveria ter capacidade de os internalizar. O problema é que são indicadores opostos, daí a separação do critério económico em dois
	Geração de riqueza interna	(ver definição do critério anterior)
Investigador em tecnologia energética	Emissões de CO ₂	Impostos sobre o carbono, única forma de impor as directrizes políticas
	Custos de investimento	Principal critério. Custo da produção e das aplicações. Não é

		só pelo custo que o hidrogénio vai conseguir uma grande implementação
	Competitividade	Maior ou menor possibilidade de participação das empresas no mercado. Ainda que esta possa ser limitada no tempo, uma vez que à semelhança do que sucedeu com as eólicas, ao fim de algum tempo, os grandes grupos acabam por absorver essas empresas menores
	Emprego	Criação de emprego, potencialidades nacionais. Soluções baseadas em hidrogénio poderão ter mais <i>input</i> nacional

Anexo 4 – Comentários à atribuição de pesos

Agente	Comentários aos pesos
Especialista em economia da energia e do ambiente	O custo/investimento é determinante, “são os agentes que investem”. A dependência externa tem pouco peso, “dependentes estamos nós já”. O primeiro critério reflecte o papel dos investidores, ao passo que os dois seguintes centram-se no papel do estado (cumprimento de Quioto e desenvolvimento regional)
Engenheiro de inovação na indústria de produção de electricidade	Na nossa sociedade, a aceitação pública tem muito peso, ainda não se conseguem adoptar opções unicamente em função de critérios económicos
Engenheiro na indústria de pilhas de combustível	A minimização dos impactes ambientais é o objectivo que temos de procurar. O estado da tecnologia condiciona muitas coisas
Engenheiro de energias renováveis na indústria petrolífera e de gás natural	Há aqui duas questões que se destacam, uma imposta e outra que deve ser procurada: a segurança do abastecimento pode ser um facto, ao passo que as emissões são uma constante da forma de comportamento. Estes dois critérios andarão muito próximos, umas vezes destacando-se um de acordo com os factos. A soma do peso dos critérios ‘Social’ e ‘Custos’ deve equivaler ao peso dos critérios mais importantes
Engenheiro na indústria dos gases industriais	Os custos não são muito importantes, uma vez que se existirem directrizes no sentido de determinadas opções serem tomadas, os custos deixam de ser relevantes (exemplo: o gasóleo é caríssimo, mas toda a gente o paga, senão não andam). O aquecimento global já tem muito de segurança pública. As razões para estarmos a considerar o hidrogénio são o aquecimento global e a disponibilidade das fontes energéticas
Investigador em ciência dos materiais para a energia	As questões ambientais lideram as políticas nacionais. Necessidade de políticas para a economia do hidrogénio avançar
Dirigente de associação nacional de ambiente	Os custos estão associados à viabilidade tecnológica, mas ainda têm um peso superior. As emissões não são o mais importante aqui, para além de que estas questões se podem reflectir nos custos, se estes considerarem a internalização dos custos ambientais
Especialista em economia do carbono	Dimensão muito lata dada ao critério ‘Gases com efeito estufa’ (ver definição). “A inovação quer aja mais depressa ou mais devagar, não leva a guerras ou paz. Não vou precisar de deslocar milhares de pessoas do Bangladesh porque vão ficar sem casas”
Engenheiro de projectos energéticos na área do hidrogénio	Todos os critérios estão muito dependentes das políticas públicas. “Os privados vão atrás dos tarifários impostos para venda à rede”
Especialista em política energética da DGEG	O investimento só se faz se for rentável, pelo que o critério custos tem menor relevância
Consultor em gestão da energia	O critério mais importante é a ‘Industrialização das tecnologias’, seguido de muito perto pela ‘Eficiência das tecnologias’ e dos ‘Custos da unidade energética’. As ‘Emissões de GEE’ é menos importante, “só ligamos ao ambiente quando custa o mesmo”. Por outro lado, as questões ambientais também já estão consagradas nos custos, com a sua internalização
Professor de sustentabilidade energético-ambiental	Os critérios são “verdadeiros tri-gémeos”. A ‘Compatibilização oferta/procura’ fica um pouco mais para trás porque é um critério mais flexível que os outros
Especialista em sistemas energéticos	As emissões acabam por vir mascaradas no custo
Engenheiro na indústria automóvel	-
Engenheiro de planeamento energético no sector do transporte de electricidade	Mais importantes os critérios dos pilares da sustentabilidade do sistema energético. Criação de oportunidades e dependência de

	factores exógenos como critérios de sentido mais lato, mas maior importância dada ao último pela incerteza que traz, por fugirem ao controlo
Engenheiro no sector dos transportes públicos urbanos	Crítérios muito interligados. Se não há aceitação nada avança. Por outro lado se para o ambiente for benéfico, há maior aceitação. As pessoas não são sensíveis à eficiência dos sistemas, são-no ao bolso. Mas as pessoas não se importam de pagar um pouco mais para aderirem a uma determinada tecnologia
Dirigente de associação nacional de hidrogénio	O ambiente é o mais importante e é uma aposta a nível europeu, embora o hidrogénio possa não ser a solução para as questões ambientais. Nos EUA seria certamente a segurança no abastecimento o critério mais importante. Um dia o custo vai ser competitivo, mas não será este a dar o empurrão, o custo vem a reboque. O que vai mover a economia do hidrogénio é o ambiente e a segurança no abastecimento, os outros vêm a reboque, não há de ser por ser barato. Exemplo das renováveis na Alemanha, o que os moveu foi a visão de ter mais renováveis, cumprir Quioto, mas depois isto trouxe-lhes uma riqueza enorme
Investigador em tecnologia energética	-