

transição energética e oportunidades de negócio

Este artigo de opinião apresenta uma panorâmica abreviada sobre vários aspetos relacionados com a transição energética em Portugal, com referência a medidas, planos, metas e perspetivas. Fazemos também a análise a alguns conceitos relacionados com a produção de energia e a mobilidade, explorando aspetos como as tecnologias energéticas e materiais críticos, de forma a definir algumas oportunidades de negócio no curto, médio e longo prazo.

Luís Gil, João Bernardo
Direção-Geral de Energia e Geologia

Introdução

O conteúdo do artigo de opinião retrata uma perspetiva particular dos autores, não vinculativa das políticas públicas definidas neste domínio.

São analisadas, de forma sucinta as principais iniciativas a nível nacional e europeu que apontam planos, programas, medidas, metas e perspetivas no domínio da transição energética, sendo referidos também alguns dados estatísticos nacionais.

São abordados alguns conceitos como a intermitência, a despachabilidade e a complementaridade, que associados a aspetos como o armazenamento da energia e o seu abastecimento/distribuição, e ainda o exemplo da mobilidade rodoviária, permitem algumas conclusões.

Serão ainda referidas algumas tecnologias energéticas promissoras com possível aplicabilidade a nível nacional e aspetos relacionados com alguns materiais críticos necessários para as mesmas.

Com base em tudo isto são exploradas algumas oportunidades de negócio para investidores/empresas nacionais, em várias escalas temporais, que permitirão ajudar o desenvolvimento económico sustentável do nosso país e a respeitar as metas traçadas ou mesmo superá-las.

Planos, metas, perspetivas e medidas

Várias são as iniciativas a nível nacional e europeu que definem planos, roteiros, acordos etc. relacionados com o traçado de metas e a implementação de medidas que perspetivem e conduzam os decisores políticos e os cidadãos através de soluções que pretendem atingir os resultados esperados.

A nível nacional temos algumas “ferramentas” importantes neste domínio, de que é exemplo o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030). Este Plano visa o estabelecimento, de metas e objetivos em matéria de emissões de gases com efeito de estufa, energias renováveis, eficiência energética, segurança energética, mercado interno e investigação, inovação e competitividade, bem como uma abordagem clara sobre como alcançar os mesmos (1).

O PNEC 2030, como instrumento de política nacional decisivo para a definição das linhas estratégicas para a próxima década rumo à neutralidade carbónica, estará necessariamente alinhado com as visões e narrativas definidas no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050)

e com o Plano Nacional de Investimentos 2030 (PNI 2030). A Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho, que aprova o PNEC 2030, surge no quadro das obrigações estabelecidas pelo Regulamento da Governação da União da Energia e da Ação Climática (Regulamento (UE) n.º 2018/1999, de 11 de dezembro de 2018) (2).

As metas do PNEC 2030 são:

- i. redução dos GEE = 45-55%;
- ii. aumento da eficiência energética = 35%;
- iii. quota de energias renováveis = 47%;
- iv. renováveis nos transportes = 20%;
- v. interligações elétricas = 15%.

Adicionalmente (2), o PNEC 2030 estabelece metas setoriais de redução de emissões de GEE, com referência às emissões registadas em 2005:

- 1. 70 % no setor dos serviços;
- 2. 35 % no setor residencial;
- 3. 40 % no setor dos transportes;
- 4. 11 % no setor da agricultura;
- 5. 30 % no setor dos resíduos e águas residuais.

O PNEC 2030 assenta em 8 objetivos estruturantes: a descarbonização da economia, a prioridade à eficiência energética, a promoção da eletrificação do consumo e a aposta nas renováveis, a segurança de abastecimento, a mobilidade sustentável, a promoção da agricultura sustentável e a maximização do sequestro de carbono, o desenvolvimento de uma indústria inovadora e competitiva e, finalmente, a garantia de uma transição justa, democrática e coesa.



Figura 1 Logótipo do Plano Nacional Energia e Clima 2030.

A visão para Portugal de alcançar a neutralidade carbónica em 2050 é a de promover a descarbonização da economia e a transição energética visando a neutralidade carbónica em 2050, enquanto oportunidade para o país, assente num modelo democrático e justo de coesão territorial que potencie a geração de riqueza e o uso eficiente dos recursos.

Uma abordagem resumida a este Plano e ao RNC 2050 foi efetuada em outro artigo (3). A visão para Portugal de alcançar a neutralidade carbónica em 2050 é a de promover a descarbonização da economia e a transição energética visando a neutralidade carbónica em 2050, enquanto oportunidade para o país, assente num modelo democrático e justo de coesão territorial que potencie a geração de riqueza e o uso eficiente dos recursos (1).

O RNC 2050, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho, constitui a sua Estratégia de Desenvolvimento a Longo Prazo com Baixas Emissões de Gases com Efeito de Estufa, prevista no Acordo de Paris. O RNC 2050 estabelece, de forma sustentada, a trajetória para atingir a neutralidade carbónica em 2050, define as principais linhas de orientação, e identifica as opções custo eficazes para atingir aquele fim em diferentes cenários de desenvolvimento socioeconómico (4).

Atingir a neutralidade carbónica em Portugal implica:

1. a redução de emissões de gases com efeito de estufa (GEE) entre 85% e 90% até 2050;
2. a compensação das restantes emissões através do uso do solo e florestas, a alcançar através de uma trajetória de redução de emissões entre 45% e 55% até 2030;
3. entre 65% e 75% até 2040, em relação a 2005.

Nomeadamente, na indústria, aponta para uma redução da emissão de GEE de 72 a 88%. Além disso, implica também, a total descarbonização do sistema eletroprodutor e da mobilidade urbana, bem como alterações profundas na forma como utilizamos a energia e os recursos, apostando numa economia que se sustenta em recursos renováveis, utiliza os recursos de forma eficiente e assenta em modelos de economia circular, valorizando o território e promovendo a coesão territorial (4).

Mais concretamente o RNC 2050 prevê:

1. uma redução do consumo final de energia (2015-2050) de 22 a 25%;
2. a eletrificação da economia em 2050 superior a 65%;
3. uma utilização das fontes de energia renovável (FER) de 86-87%.



Figura 2 Logótipo do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050.

Foi também estabelecida a Estratégia Nacional de Hidrogénio, através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 63/2020, de 14/08/2020. Esta estratégia visa igualmente contribuir para o objetivo de descarbonização, introduzindo um novo vetor energético que, a par com a eletricidade, possa dar resposta a todas as necessidades de consumo em território nacional, recorrendo a elementos abundantes como o sol, o vento, e a água, entre outros, contribuindo para uma endogeneização das fontes de energia e para uma redução significativa da dependência energética nacional. Esta estratégia visa ainda promover e impulsionar o fornecimento e o consumo de hidrogénio, em vários setores da economia, a começar por aqueles que não podem ser eletrificados, criando as condições necessárias para uma verdadeira economia de hidrogénio (H₂) em Portugal (5).

Um dos objetivos é garantir, a longo prazo, a descarbonização da rede de Gás Natural (GN) e dos consumos das Centrais Elétricas, contribuindo também para a descarbonização dos setores de transporte e indústria. Além das metas de incorporação de hidrogénio, a estratégia também estabelece outros objetivos até 2030: desde a capacidade instalada de produção de H₂, ao número de veículos a H₂ (passageiros e mercadorias), a criação de 50 a 100 postos de abastecimento de hidrogénio, e 2 a 2,5 GW de capacidade instalada em eletrolisadores (5). Mais especificamente prevê, até 2030: (i) contributo do hidrogénio em 1,5 - 2% no consumo final de energia e de (ii) 5% nos transportes e indústria e a (iii) introdução de até 15% no GN.

A nível europeu, por parte da Comissão Europeia, surgiu uma série de pacotes estratégicos que visam dar resposta nas diferentes áreas a este desafio global. Destes destacam-se o Pacote Energia Clima 2030, o Pacote



Figura 3 Capa do Roteiro e Plano de Ação para o Hidrogénio em Portugal.

Mobilidade Limpa e o Pacote Energia Limpa para todos os Europeus. Em 2016, a Comissão Europeia apresentou o Pacote Legislativo “*Energia Limpa para todos os Europeus*” com o objetivo de promover a transição energética na década 2021-2030, tendo em vista o cumprimento do Acordo de Paris e, simultaneamente, o crescimento económico e a criação de emprego (1).

Neste sentido, a União Europeia aprovou metas ambiciosas que visam alcançar, em 2030, (i) 32% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto, (ii) 32,5% de redução do consumo de energia, (iii) 40% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990, e (iv) 15% de interligações elétricas (1).

Será de referir também aqui o Pacto Ecológico Europeu (*European Green Deal*). A estrutura do Pacto Ecológico Europeu assenta em dez pilares, que prevê 50 iniciativas para converter o combate às alterações climáticas no novo modelo de crescimento económico. Este Pacto pretende transformar a União Europeia (UE) numa economia moderna, eficiente na utilização dos recursos e competitiva, garantindo que as emissões líquidas de gases com efeito de estufa sejam nulas em 2050, que o crescimento económico esteja dissociado da utilização de recursos e que ninguém nem nenhuma região seja deixado para trás. Será financiado por um terço dos investimentos previstos no Plano de Recuperação do NextGenerationEU e pelo orçamento da UE para o próximo quadro comunitário 2021-2027. Para isso a Comissão Europeia adotou um conjunto de propostas legislativas com o objetivo de tornar as políticas da UE em matéria de clima, energia, transportes e fiscalidade aptas para alcançar uma redução das emissões líquidas de gases com efeito de estufa de, pelo menos, 55% até 2030, em comparação com os níveis de 1990 (6).



Figura 4 Documento do Pacto Ecológico Europeu.

Outro importante documento é o Pacote “*FIT for 55*”. Trata-se de um conjunto de propostas destinadas a rever e atualizar a legislação da UE e a criar novas iniciativas com o objetivo de assegurar que as políticas da UE estejam em consonância com os objetivos climáticos acordados pelo Conselho e pelo Parlamento Europeu. Assim está previsto rever (7):

- Diretiva Energias Renováveis, que irá definir objetivos adicionais para se produzir 40% da energia a partir de fontes renováveis até 2030, com proposta de objetivos específicos para a utilização de energias renováveis nos transportes, aquecimento e arrefecimento, edifícios e indústria;
- Diretiva Eficiência Energética, que irá definir uma meta anual vinculativa mais ambiciosa para a redução do consumo da energia a nível da UE, reduzir as emissões e combater a pobreza energética; visa assegurar uma redução adicional do consumo de energia de 9% até 2030, em comparação com o cenário de 2020; este cenário traduz-se numa

dupla obrigação de poupança energética para que os países da UE cumpram o objetivo e alcancem novas poupanças anuais de 1,5% do consumo final de energia de 2024 a 2030, acima do nível atual de 0,8%; o setor público terá de renovar anualmente 3% dos seus edifícios, a fim de impulsionar a vaga de renovação, criar postos de trabalho e reduzir o consumo de energia e os custos para os contribuintes.

Dados estatísticos

A informação estatística e os indicadores setoriais permitem avaliar o nosso progresso rumo aos objetivos da descarbonização e da transição energética. A informação estatística produzida pela DGEG (www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/, nomeadamente nas secções de Estatísticas Rápidas e de Indicadores Energéticos) dá-nos uma indicação importante sobre o que temos vindo a alcançar no nosso país. São de destacar os seguintes dados:

- % de FER no consumo final bruto de energia passou de cerca de 19% em 2004 até mais de 20% a partir de 2015, atingindo o valor de 34% em 2020 (a meta era de 31% no PNAER 2020);
- % de FER na produção de eletricidade era de 27,4% em 2003, tendo atingido 58,3% em 2020;
- % de FER nos transportes era apenas de 0,4% em 2004, tendo atingido 10% em 2020 (igual à meta definida no PNAER 2020);
- a dependência energética de Portugal foi sempre superior a 80% até 2009, mas em 2020 atingiu 66%;
- entre 2016 e 2018 o saldo importador de eletricidade foi negativo;
- a eletrificação do sistema energético nacional passou de 17,4% em 1995 para 25,8% em 2020;
- a intensidade energética nos setores da indústria e da agricultura e pescas teve uma diminuição acentuada depois de 2010 p.e. com indicadores, respetivamente de 162 e 125 tep/M€ em 2016;
- na produção de eletricidade em 2020 o contributo das diferentes FER foi: (i) 25,4% de hídrica; (ii) 22,5% de eólica; (iii) 6,9% de biomassa; (iv) 3,1% de solar fotovoltaica.



Figura 5 Sede da Direção-Geral de Energia na Av. 5 de Outubro, em Lisboa.

Um outro indicador muito importante a ter em mente é o valor da tonelada de dióxido de carbono. A título meramente indicativo este valor atingiu ~94 €/ton em 2 fevereiro 2022 (8)(9).

Intermitência, despachabilidade e complementaridade

Os conceitos de intermitência, despachabilidade e complementaridade são muito importantes no domínio das energias renováveis, pois do seu

domínio depende o sucesso da implementação e uso adequado e com elevada eficiência das mesmas.

A intermitência é um conceito que está associado a algumas das FER, nomeadamente a solar e a eólica. É fácil de compreender que um painel fotovoltaico não irá produzir eletricidade de noite quando não há radiação solar; assim como um aerogerador não produzirá eletricidade quando a velocidade do ar é quase nula ou muito diminuta, ou mesmo quando essa é excessivamente elevada, devido a problemas de segurança. Razão pela qual se considera que estas FER são intermitentes, ou seja, só produzem quando as condições estão dentro de certos parâmetros. Outras FER, como a hídrica, a biomassa e mesmo a energia marinha não padecem deste problema, embora as duas primeiras dependam ou das condições meteorológicas a médio/longo prazo ou do abastecimento sustentável. A intermitência refere-se assim, ao facto de uma fonte de energia poder ser interrompida involuntariamente ou estar parcialmente indisponível.

De uma maneira geral toda a gente tem a noção de que há mais sol (mais horas de radiação e menor efeito das nuvens) na primavera/verão e de que há mais vento no outono/inverno. Paralelamente, todos sabem que o sol não “funciona” de noite, mas de uma maneira geral, e isso é menos conhecido, há mais vento de noite. Estes aspetos facilmente contribuem para a compreensão do conceito de complementaridade, nomeadamente entre as duas FER, a solar e a eólica.

O conceito de complementaridade pode também ser associado às capacidades de hibridação de certas tecnologias, como é o caso da bombagem hidroelétrica, que poderá associar a energia eólica para realimentar a barragem com a própria água descarregada nas turbinas após produção de energia. Existem outras possibilidades de complementaridade, como poderão ser a associação de energias intermitentes a centrais de biomassa ou do sistema fotovoltaico ao solar térmico de concentração.

Quanto à despachabilidade, há quem a defina como a capacidade efetiva das fontes de produzir energia elétrica quando o sistema mais necessita, outros como a prontidão com que se consegue injetar na rede energia a partir de uma determinada fonte. Em qualquer dos casos a despachabilidade aumenta quando associada a armazenamento, como veremos adiante, e esta aumenta a flexibilidade do sistema elétrico. Este conceito define, assim, a capacidade de uma determinada fonte de energia de aumentar ou diminuir a produção rapidamente face à procura do momento. Deste modo, o conceito é diferente de intermitência (natureza flutuante), pois a despachabilidade é uma das várias maneiras pelas quais os operadores do sistema combinam o fornecimento com a procura.

Concluindo, a energia renovável variável obtida a partir de fontes renováveis intermitentes é uma fonte de energia renovável não despachável, como a energia eólica e solar; se não estiver associada a armazenamento, em oposição a uma fonte de energia renovável controlável como a energia hídrica (de barragens), ou biomassa, ou uma fonte constante, como energia geotérmica.

Como exemplo refira-se o caso do CSP/STE (*Concentrated Solar Power/ Solar Thermal Energy* – Energia Solar de Concentração) também conhecido como o *Eletricidade Solar Térmica*, ou *Termoeletricidade Solar* (11). Tratando-se de uma fonte de energia de base solar; existe naturalmente um problema de intermitência. No entanto, associando essa tecnologia à possibilidade de armazenamento térmico (fluidos, sais fundidos ou até partículas sólidas) a sua capacidade de produção de energia pode-se ser contínua, tornando uma fonte intermitente numa fonte despachável e de regulação do sistema energético, produzindo energia quando há sol, mas fornecendo à rede quando necessário, acrescentando ainda que o armazenamento térmico é muito mais barato que o armazenamento em baterias, por exemplo.

Muitas vezes se compara a produção de eletricidade por via fotovoltaica com a solar térmica de concentração, nomeadamente a nível de custos, mas normalmente esses custos não consideraram, no caso da fotovoltaica, o armazenamento.



Figura 6 Instalação para a produção de eletricidade solar térmica com coletores cilíndrico-parabólicos (Masdar Official, CC BY-SA 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>>, via Wikimedia Commons).

Armazenamento e abastecimento/distribuição de energia

O uso de grandes quantidades de energia intermitente pode exigir modificações ou mesmo um redimensionamento da infraestrutura da rede. Como opção para poder utilizar grandes frações de energia variável na rede inclui-se o uso de armazenamento, para além, naturalmente, da melhoria da interconexão entre diferentes fontes variáveis coordenada com o uso de fontes de energia despacháveis de *per se*.

Paralelamente, a energia produzida em excesso, nomeadamente no domínio das intermitentes, pode e deve ser convertida em vetores energéticos que possam ser facilmente armazenados e despacháveis na sua conversão em energia.

Assim, o armazenamento de energia é muito importante quer para regular o fornecimento de energia quer para aumentar a eficiência dos sistemas produtores e distribuidores.

Uma das vias para efetuar o armazenamento é o da utilização de tecnologias que convertam as fontes de energia em vetores energéticos (alguns dos quais falaremos adiante). Sendo que um vetor energético é uma forma intermédia na qual é transformada a energia de uma fonte primária para o seu transporte, armazenamento antes de utilização, vários são os vetores associados às energias renováveis. E uma das variáveis a ter em consideração relativamente ao seu armazenamento e distribuição, são as suas características físico-químicas.

De entre os vetores ligados às energias renováveis mais citados ultimamente, temos o hidrogénio e o metanol. Estes dois vetores permitem-nos ter uma melhor ideia deste último aspeto. Qualquer um destes vetores pode ser produzido por via renovável através de vários processos, mas à temperatura ambiente, um está no estado gasoso e outro no estado líquido. Como sabemos é muito mais fácil e barato armazenar e distribuir líquidos do que gases. Inclusivamente no segundo caso podem ser usados sistemas correntes utilizados para outros combustíveis líquidos, enquanto que o hidrogénio tem que ser liquefeito e armazenado a alta pressão. Embora não sejam apenas estes aspetos a serem tomados em linha de conta, estes não podem ser escamoteados.

Acresce que, por exemplo, combustíveis obtidos por via renovável, como por exemplo o metano, o metanol e outros, para além da referida facilidade de abastecimento, têm ainda a vantagem, numa altura de transição em que alguma tecnologia de utilização de alguns vetores energéticos não esteja ainda à disposição técnica ou económica de todos, de permitirem que essa transição se faça sem grande mudança de rotinas. Por exemplo, podem continuar a ser utilizados motores de combustão com um abastecimento semelhante, sem grandes investimentos a curto prazo a nível das cadeias de



Figura 7 Armazenamento de hidrogénio liquefeito (DOE, Public domain, via Wikimedia Commons).

distribuição/fornecimento, permitindo uma transição mais “suave” do ponto de vista financeiro e da alteração de vida das pessoas.

Existem vários tipos de armazenamento “elétrico”, alguns já referidos como a bombagem hidroelétrica, o armazenamento térmico, o hidrogénio e as baterias, mas existem outras possibilidades, como outros combustíveis solares ou mesmo o ar comprimido.

Exemplo da mobilidade rodoviária

Um setor que está intimamente relacionado com toda esta problemática é o da mobilidade rodoviária. Trata-se de um setor muito dinâmico e adaptável. Relembremos que o PNEC 2030 prevê o contributo das renováveis nos transportes em 20% em 2030 e o RNC 2050 preconiza uma redução dos GEE nos transportes no seu limite temporal de 98-99%, com 1/3 dos veículos sendo elétricos já em 2030 e 100% em 2050, sendo



Figura 8 Automóvel elétrico a bateria em carregamento (Deoma I 2, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons).

A implantação dos veículos elétricos, nomeadamente a bateria, encontra-se em ritmo acelerado, sendo o caso mais sonante o da Noruega. Nos primeiros 10 meses de 2021, a quota de veículos 100% elétricos superou os 63%, enquanto a de híbridos plug-in atingiu 22% (12) o que provocou uma enorme queda na receita fiscal desse país.

que o setor dos transportes é responsável a nível europeu por cerca de 14% dos GEE.

A implantação dos veículos elétricos, nomeadamente a bateria, encontra-se em ritmo acelerado, sendo o caso mais sonante o da Noruega. Nos primeiros 10 meses de 2021, a quota de veículos 100% elétricos superou os 63%, enquanto a de híbridos plug-in atingiu 22% (12) o que provocou uma enorme queda na receita fiscal desse país. Várias notícias saídas nos media referem que a Volvo pretende produzir 100% de veículos elétricos em 2030, a General Motors em 2035 e a Daimler em 2040.

Por outro lado, pode ser ainda considerada aqui uma outra via de descarbonização, mas que explora ainda os “velhos” motores de combustão. Essa via é a da incorporação de hidrogénio em gás natural, a utilização de biogás/biometano, a utilização de metanol obtido por via renovável e não concorrencial com a produção de alimentos, assim como a utilização de combustíveis sintéticos obtidos, por exemplo, por via solar.

Esta possibilidade pode promover uma menor pressão na eletrificação, nomeadamente alargando os prazos de adaptação das redes, permitindo o aproveitamento das tecnologias e infraestruturas existentes e, também importante, sendo facilmente aceite por não impor uma mudança de hábitos aos consumidores.

Além disso, os motores elétricos, as baterias, as pilhas de combustível, são dependentes de materiais críticos, como iremos falar a seguir, pelo que uma intermediação na transferência tecnológica proporcionada desta forma, poderá também diminuir a pressão na procura destes materiais, com alívio dos problemas associados (preço, risco geoestratégico, incerteza de fornecimento, dependência externa, entre outros) e dar tempo para o desenvolvimento de tecnologias que sejam menos dependentes dos mesmos.

Refira-se que um veículo 100% elétrico pode precisar de cerca de 12 kg de lítio, 9 kg de cobalto e 2 kg de neodímio (terra rara). É também referido que os veículos elétricos comparativamente aos veículos com motor de combustão, no seu ciclo de vida emitem apenas 50% dos GEE destes últimos (13)(14). Porém, se a %FER no sistema eletroprodutor que abastece esses veículos for elevada, a redução de emissões é superior:

Tecnologias energéticas e materiais críticos

As novas tecnologias energéticas são muitas pelo que seria impossível aqui descrever todas. Estão também em diferentes estados de maturação tecnológica e de integração a nível comercial. Por este facto serão apenas referidos alguns casos relacionados com a sua possível maior aplicabilidade no nosso país, quer devido aos recursos necessários e existentes, quer à sua aplicabilidade ao perfil de consumo de energia a nível nacional.

Nalguns cenários, as metas estabelecidas a nível europeu para os combustíveis solares (exemplo: hidrogénio, gás de síntese, amoníaco, metanol, metano, entre outros) preveem para estes, em 2050, um contributo de 4-6% do consumo de energia na UE. Os combustíveis solares (15) são combustíveis químicos sintéticos produzidos a partir da energia solar e normalmente água e dióxido de carbono. Estes podem constituir um fornecimento abundante, sustentável, armazenável e facilmente transportável, ajudando a diversificar o fornecimento de combustíveis. Existem várias vias e tecnologias alternativas para a sua obtenção.

Sabemos que alguma indústria é consumidora de calor de alta temperatura e tem vindo a enfrentar problemas graves devido ao aumento do custo do gás natural e outros combustíveis (exemplo: cerâmicas). Para estas indústrias uma possível solução seria a da utilização do calor de processo de alta temperatura baseada em tecnologia solar de concentração. A título de exemplo da aplicação desta tecnologia pode citar-se a produção de cimento com energia solar (Synhelion), o designado clínquer solar ($T > 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$) (16).

Uma tecnologia importante tem a ver com as baterias usadas para armazenamento de energia e a mobilidade, por exemplo. Existem vários tipos de bateria, sendo as mais conhecidas as de íão de lítio. Tendo em vista obviar as grandes quantidades de lítio necessárias e alguns problemas de segurança, autonomia, carregamento e fiabilidade deste tipo de baterias, foram desenvolvidas baterias com eletrólitos sólidos à base de sódio, elemento muito mais comum e barato. Saliente-se o trabalho desenvolvido por investigadores nacionais neste domínio (17). Estas novas baterias apresentam maior segurança, são mais baratas, tem maior fiabilidade e carregam muito mais rapidamente (poucos minutos). Além disso, poderão permitir que não sejam necessários tantos carregadores para veículos dado que um carregador pode abastecer mais viaturas por unidade de tempo.

Outra tecnologia que pode vir a ter interesse é o da captura de dióxido de carbono. De referir o projeto ORCA, que emprega filtros e ventiladores de alta tecnologia para extrair dióxido de carbono diretamente do ar atmosférico. O composto químico isolado é então misturado com água e bombeado para o subsolo, onde lentamente se transformará em rocha. Ambas as tecnologias são alimentadas por energia renovável proveniente de uma central geotérmica próxima (18).

Existe também uma nova tecnologia para obter lítio a partir da água do mar, recorrendo a uma membrana cerâmica, com custos muito baixos e incluindo paralelamente a obtenção de hidrogénio (19). Com utilização de energia no processo obtida por via renovável, pode vir a ser uma via interessante, embora esta tecnologia esteja ainda num TRL baixo.

Embora a estratégia nacional energética não considere a energia nuclear, novos avanços neste domínio, inclusivamente a nível europeu, incluindo até a sua possível futura integração no “pacote” das energias a apoiar, podem vir a recolocar este tipo de energia na equação. Não a energia nuclear de fissão de elementos atómicos pesados, que dão origem a resíduos radioativos, mas muito possivelmente a fusão nuclear de grande dimensão, que ainda está longe de uma aplicação comercial, embora com bons resultados experimentais obtidos muito recentemente.

Um exemplo de novas tecnologias neste domínio é o da fusão deutério-trítio que é um tipo de fusão nuclear em que um núcleo de deutério se funde com um núcleo de trítio (isótopos do hidrogénio), dando origem a um núcleo de hélio, um neutrão livre e energia. É o tipo de fusão mais eficiente para dispositivos de fusão e com muito poucos resíduos e usa como “combustível” apenas deutério, gerando o trítio necessário. A empresa Helion prevê ter um equipamento comercial e de pequena dimensão em 2024 (20).

Outro exemplo de tecnologia a referir está relacionada com a geotermia não tradicional. Esta assenta em centrais térmicas que utilizam o magma da Terra como fonte de calor, mas em qualquer parte do globo, qualquer que seja a espessura da crosta terrestre, explorando um recurso “infinito”, contribuindo para a independência energética. A tecnologia Quaise é baseada numa nova perfuradora de energia direcionada que pode atingir facilmente profundidades até 20 quilómetros, uma distância totalmente impossível apenas com perfuradoras mecânicas. A perfuração híbrida ultraprofunda da Quaise combina a perfuração rotativa típica com a perfuração de energia dirigida por ondas de girotron, que utiliza um feixe de eletrões que é amplificado numa cavidade de ressonância que, no interior, tem um campo magnético que acelera estes eletrões, amplificando a energia de micro-ondas. O resultado é que o feixe de energia que sai da broca Voskov é capaz de vaporizar qualquer rocha. Obvia-se assim a necessidade de uma fonte de magma próxima à superfície, como acontece na Islândia e pode ter-se uma



Figura 9 Exploração mineira a céu aberto (Stephen Codrington, CC BY 2.5 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5>>, via Wikimedia Commons).

fonte de energia ilimitada 24 horas por dia a um custo muito baixo sem se estar dependente de energias renováveis intermitentes (21)(22).

Estes são apenas alguns exemplos de novas tecnologias relacionadas com a produção e o consumo de energia. Todas as tecnologias são baseadas em matérias-primas e materiais e algumas destas tecnologias necessitam dos apelidados materiais críticos.

A eletrificação da economia assenta em motores e geradores elétricos. Estes necessitam, entre outros, de magnetos que têm na sua composição elementos da família das terras raras. Ora cerca de 2/3 da produção destas tem origem na China, sendo a percentagem ainda maior para os refinados.. O mesmo acontece com a grafite que também é necessária para as baterias (principal produtor China). E já que falamos de baterias, há que referir o cobalto que vem maioritariamente de zonas africanas problemáticas e que se espera a procura exceda a oferta a muito breve prazo.

Pode correr-se assim o risco de passar de uma dependência dos hidrocarbonetos para uma dependência de materiais críticos, e de uma dependência de determinados países/zonas do globo, para outros/outras, com os problemas geoestratégicos e políticos associados.

Oportunidades de negócio

A transição energética abre enormes oportunidades de negócio a investidores e empresas. Algumas dessas oportunidades podem passar pela utilização de tecnologias já maduras ou prontas a utilizar ou ainda pelo desenvolvimento/adaptação de novas tecnologias com graus de maturação mais baixos, passando ainda por oportunidades no pós-utilização dessas tecnologias.

Uma das oportunidades de negócio está, naturalmente, relacionada com os leilões que irão decorrer a nível de instalações de produção de energia renovável, podendo vir a haver oportunidades importantes a nível do fotovoltaico ou do eólico offshore.

Sem dúvida que existem também várias oportunidades de negócio a nível da produção de hidrogénio verde e sua distribuição, eventualmente mesmo associada a alguma mobilidade com base nas pilhas de combustível, nomeadamente a de longa distância.

A nível da biomassa, existe a oportunidade na gestão do material biomássico que fica sob as linhas aéreas de alta e média tensão, e as chamadas faixas de gestão de combustível, sendo obrigatória a gestão de combustível, e sua manutenção, de uma faixa envolvente com uma largura mínima, por exemplo em parques e polígonos industriais (n.º 13 do artigo 15.º do Decreto-Lei 124/2006) não inferior a 100 metros. Esta biomassa é da maior importância para o abastecimento de centrais de cogeração ou geração



Figura 10 Aerogeradores instalados em offshore (U.S. Department of Energy, Public domain, via Wikimedia Commons).

dedicada a biomassa, de biorrefinarias e outros sistemas de produção de energia e de vetores energéticos de base renovável.

A produção de biocombustíveis ou combustíveis solares é uma área que deverá ter também a sua quota parte na diversificação do nosso mix energético. Associada a esta área uma oportunidade de negócio pode passar pela adaptação de motores de combustão ao uso de combustíveis renováveis.

Sendo que nem todo o território do nosso país está abrangido pela rede de gás natural, que com a injeção de hidrogénio pode constituir uma ajuda para a descarbonização, seria importante que nessas zonas fosse promovida a instalação de pequenas centrais de cogeração, auxiliando a descarbonização regional.

É sabido que Portugal tem condições de excelência para o recurso solar. Por isso e numa perspetiva de diversificação e de flexibilização da rede, seria importante promover a instalação de centrais de termoelectricidade com armazenamento térmico, como está a ser feito em Espanha e Marrocos, por exemplo, mas, sujeito a uma avaliação custo-benefício detalhada que ainda não foi feita em toda a extensão. Mais concretamente, mais de 2 GW de capacidade CSP foram instalados na Espanha a partir de 2006, mas com as novas metas de descarbonização para 2050, a Espanha comprometeu-se na implantação de 5000 MW de novo CSP com capacidade de armazenamento até 2030, tendo em 2022, sido confirmado um anúncio de concurso específico para CSP de 200 MW. Uma iniciativa destas no nosso país poderá até ter por base o apoio de competências existentes no nosso país, como é o caso da *Molten Salt Platform* de Évora.

Muitos dos equipamentos associados às tecnologias energéticas dão origem, após o seu tempo de vida útil a resíduos. Existem por isso muitas oportunidades relacionadas com a reciclagem de painéis fotovoltaicos, baterias, motores elétricos, aerogeradores, entre outros (23), (24). Refira-se que dado o tempo de vida útil expectável de cerca de 25 anos os primeiros painéis fotovoltaicos instalados estão a chegar à altura em que têm que ser substituídos. Prevê-se que em 2050 existam cerca de 78 milhões de toneladas destes painéis para substituir.

A nível nacional, com base em dados da DGEG, dados esses relacionados com a potência instalada de painéis fotovoltaicos instalados em Portugal em parques fotovoltaicos, para os vários anos de 2005 a 2018, foi possível calcular o número de painéis existentes que não inclui painéis extra parques fotovoltaicos, ou seja, as instalações de produção descentralizada (mini, micro, UPAC e UPP) que atinge um valor de quase 1,3 milhões de painéis. Se usarmos um valor indicativo de 20 kg/módulo, teremos apenas nesta contabilização cerca de 26 mil toneladas totais cumulativas (2005-2018). Saliente-se que falta ainda contabilizar os módulos instalados antes de 2005 (24).

É preciso reciclar todos estes painéis de modo a obter materiais para novos painéis, numa perspetiva de economia circular e de *urban mining*.

A aceleração da transição energética, tendo nomeadamente em atenção o que se tem passado recentemente devido aos enormes aumentos do custo do petróleo e do gás natural, pode ter um forte incentivo na diminuição dos custos da energia, nomeadamente através da utilização de tecnologias renováveis maduras.

Grandes oportunidades de negócio se perspetivam, portanto, neste domínio.

Uma oportunidade será também a da descarbonização da indústria mineira, de alta intensidade energética, com recurso a energias renováveis, como já vem sendo boa prática em países como a Austrália ou o Chile.

De uma maneira mais global seria interessante montar sistemas de fileira com base em algumas tecnologias energéticas que utilizassem equipamento, que necessitasse de materiais, cujos recursos, nomeadamente geológicos existam no nosso país, no sentido de manter grande parte do valor acrescentado na economia nacional.

Uma outra oportunidade ligada ao interesse energético que se poderá associar a interesses ambientais e a outros poderá ser a construção de um sistema de transvases das bacias hidrologicamente mais ricas para outras zonas menos favorecidas. Seria preciso conjugar o interesse do abastecimento de água às populações com o da rega para a agricultura e outros fins e ainda com o da produção de energia por via hídrica, e a sazonalidade relacionada.

Sendo que de acordo com o Pacote “FIT for 55” apenas o setor público terá de renovar anualmente 3% dos seus edifícios, fica também aqui evidente uma oportunidade de negócio para as empresas construtoras, nomeadamente a nível da construção sustentável e energeticamente eficiente.

Finalmente, havendo também no nosso país muitos grupos de investigação nas universidades, centros de investigação públicos e privados que se dedicam a temas relacionados com esta temática, seria importante saber quais as tecnologias energéticas desenvolvidas a nível nacional passíveis de exploração comercial. Esse trabalho poderia passar por uma avaliação através de ferramenta de pré-diagnóstico de mapeamento tecnológico existente no INPI e depois num plano para a industrialização das tecnologias patenteadas.

Dada a nossa ligação ao mar terá certamente interesse explorar oportunidades no desenvolvimento de transporte marítimo e fluvial baseado, nomeadamente, em motores alimentados a energia solar ou combustíveis “renováveis” e eventualmente também avaliar a possibilidade da exploração de recursos geológicos marinhos ou mesmo da obtenção de lítio a partir da água do mar.

Conclusões

A aceleração da transição energética, tendo nomeadamente em atenção o que se tem passado recentemente devido aos enormes aumentos do custo do petróleo e do gás natural, pode ter um forte incentivo na diminuição dos custos da energia, nomeadamente através da utilização de tecnologias renováveis maduras.

Os combustíveis solares, em particular o hidrogénio, são vistos como uma interessante alternativa para a substituição dos combustíveis fósseis, especialmente quando é essencial o armazenamento.

Algumas das tecnologias referidas, apontam para uma “democratização” da produção energética renovável e para a independência energética, tão necessária, sobretudo agora nestes tempos tão atribulados.

O nosso país está na vanguarda da transição energética e parece poder vir a ser um “cabeça de série” nalgumas das oportunidades que se anteveem, com importantes oportunidades de negócio a explorar, mas associadas a um desenvolvimento sustentável e ao bem-estar dos cidadãos.

Referências

- [1] www.portugalenergia.pt/setor-energetico/bloco-3/ acessado em 1 fev 2022.
- [2] <https://apambiente.pt/clima/plano-nacional-de-energia-e-clima-pnec> acessado em 1 fev 2022.
- [3] Gil L., Bernardo J., "An approach to energy and climate issues aiming at carbon neutrality", Renewable Energy Focus, Vol 33, junho 2020, p. 37-42, <https://doi.org/10.1016/j.ref.2020.03.003>.
- [4] www.portugal.gov.pt/gc21/comunicacao/documento?i=rroteiro-para-a-neutralidade-carbonica-2050- acessado em 2 fev 2022.
- [5] www.dgeg.gov.pt/pt/areas-transversais/relacoes-internacionais/politica-energetica/estrategia-nacional-para-o-hidrogenio/ acessado em 2 fev 2022.
- [6] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt acessado em 2 fev 2022.
- [7] www.ambientemagazine.com/apresentacao-do-pacote-fit-for-55-em-portugal-em-destaque-no-webinar-da-rnae/ acessado 2 fev 2022.
- [8] <https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/> acessado em 3 fev 2022.
- [9] <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon> acessado em 3 fev 2022.
- [10] www.bigissue.com/news/environment/four-reasons-why-net-zero-is-a-solution-not-a-problem-for-the-energy-crisis/ acessado em 8 fev 2022.
- [11] https://setis.ec.europa.eu/implementing-actions/csp-ste_en acessado em 7 fev 2022.
- [12] www.razaautomovel.com/2021/11/noruega-sucesso-eletricos-reduz-receita-fiscal acessado em 8 fev 2022.
- [13] Mascarenhas J., Nogueira C., Gil L., "Os desafios dos novos conceitos de mobilidade: Energias renováveis e materiais associados", Ciência & Tecnologia dos Materiais, Vol. 31, Nº 1, 2019, p. 9-21.
- [14] Gil L., "Materiais necessários para a transição energética via mobilidade elétrica rodoviária", Ciência & Tecnologia dos Materiais, Vol. 31 Nº 1, 2019, p. 22-27.
- [15] Detz, R.J., Reek, J.N.H., van der Zwaan B.C.C., *The future of solar fuels: when could they become competitive?*, Energy & Environmental Science, nº 7, 2018.
- [16] www.cemex.com/-/cemex-and-synhelion-achieve-breakthrough-in-cement-production-with-solar-energy acessado em 8 fev 2022.
- [17] <https://spmateriais.pt/site/2021/10/11/uma-nova-bateria-eletrica-a-mesma-assinatura-portuguesa/> acessado em 8 fev 2022.
- [18] <https://pplware.sapo.pt/ciencia/orca-maior-central-de-captura-de-co2-e-esta-na-islandia/> acessado em 8 fev 2022.
- [19] <https://electrek.co/2021/06/04/scientists-have-cost-effectively-harvested-lithium-from-seawater/> acessado em 8 fev 2022.
- [20] <https://medium.com/predict/we-could-get-commercial-fusion-power-by-2024-4c9337ef4760> acessado em 8 fev 2022.
- [21] <https://pplware.sapo.pt/ciencia/cientistas-do-mit-afirmam-ter-a-chave-para-eletricidade-ilimitada-e-barata/> acessado em 1 mar 2022.
- [22] www.quaise.energy/ acessado em 1 mar 2022.
- [23] Gil L., Nogueira C., "Reciclagem de componentes de sistemas de produção de eletricidade de origem eólica ou solar", Renováveis Magazine, Nº 41, 1º trim. 2020, p. 26-30.
- [24] Gil L., Isidro J., "O fim de vida dos módulos fotovoltaicos", Renováveis Magazine, Nº 39, 2019, p. 36-40. [rm](#)

engenharia industrial
Email: info@eplan.pt
www.eplan.pt

Plataforma EPLAN 2022
Está nas suas mãos!

ePLAN