



Conselho da
União Europeia

Bruxelas, 17 de novembro de 2022
(OR. en)

14916/22

ENER 605
CLIMA 610
RECH 604
COMPET 915
IND 483
TRANS 719
EMPL 435

NOTA DE ENVIO

de:	Secretária-geral da Comissão Europeia, com a assinatura de Martine DEPREZ, diretora
data de receção:	15 de novembro de 2022
para:	Thérèse Blanchet, secretária-geral do Conselho da União Europeia
n.º doc. Com.:	COM(2022) 643 final
Assunto:	RELATÓRIO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU E AO CONSELHO – Progressos em matéria de competitividade das tecnologias de energia limpa

Envia-se em anexo, à atenção das delegações, o documento COM(2022) 643 final.

Anexo: COM(2022) 643 final



Bruxelas, 15.11.2022
COM(2022) 643 final

RELATÓRIO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU E AO CONSELHO

Progressos em matéria de competitividade das tecnologias de energia limpa

Índice

1.	Introdução	1
2.	Competitividade global do setor da energia limpa da UE	3
2.1	Contexto: evolução recente	3
2.1.1	<i>Preços e custos da energia: tendências recentes</i>	3
2.1.1	<i>Cadeias mundiais de abastecimento de recursos e materiais: vulnerabilidades e perturbações</i>	6
2.1.2	<i>Impacto da COVID-19 e recuperação</i>	8
2.1.3	<i>Capital humano e competências</i>	10
2.2	Tendências na investigação e inovação	13
2.3	O panorama concorrencial mundial em matéria de energia limpa	16
2.4	O cenário do financiamento da inovação na UE	18
2.5	Impactos da mudança sistémica	22
3.	Ênfase nas principais tecnologias e soluções de energia limpa	23
3.1.	Energia solar fotovoltaica	24
3.2.	Energia eólica marítima e terrestre	26
3.3.	Bombas de calor para instalação em edifícios	28
3.4.	Baterias	30
3.5.	Produção de hidrogénio renovável por eletrólise da água	32
3.6.	Combustíveis renováveis	34
3.7.	Tecnologias inteligentes para a gestão da energia	37
3.8.	Principais conclusões sobre outras tecnologias de energia limpa	40
4.	Conclusão.....	43
	ANEXO I: Quadro metodológico para a avaliação da competitividade da UE.....	47

1. INTRODUÇÃO

A agressão militar não provocada e injustificada da Rússia contra a Ucrânia perturbou drasticamente o sistema energético mundial. Demonstrou a dependência excessiva da UE em relação aos combustíveis fósseis russos e salientou a necessidade de reforçar a resiliência do sistema energético da UE, que já tinha sido posto em causa pela crise da COVID-19¹. O aumento histórico dos preços da energia e o risco de escassez da oferta na UE tornaram ainda mais urgente acelerar a dupla transição ecológica e digital no âmbito do Pacto Ecológico Europeu² e garantir um sistema energético mais seguro, acessível, resiliente e independente.

O ano de 2022 foi marcado pelo plano REPowerEU³, um elemento crucial da resposta política da UE a esta crise sem precedentes. O plano consiste num roteiro para eliminar progressivamente e o mais depressa possível a dependência da UE no que se refere às importações de energia russa através de medidas de poupança de energia, da diversificação do aprovisionamento energético e da implantação acelerada das energias renováveis.

Além disso, com a comunicação «Poupar gás para garantir um inverno em segurança»⁴, a Comissão apresentou um plano para reduzir a utilização de gás na UE em 15 % até à próxima primavera. O Conselho adotou dois regulamentos relativos ao armazenamento de gás e a medidas coordenadas de redução da procura de gás, respetivamente⁵. Em setembro de 2022, o Conselho chegou a acordo sobre a proposta da Comissão de um «Regulamento relativo a uma intervenção de emergência para fazer face aos elevados preços da energia»⁶ a fim de atenuar o impacto dos preços da energia nos consumidores da UE, dando também resposta à volatilidade e à incerteza sem precedentes nos mercados da energia da UE e a nível mundial. Em particular, esta intervenção inclui uma redução do consumo de eletricidade, um limite máximo para as receitas para a produção de eletricidade a partir de tecnologias inframarginais, e uma contribuição de solidariedade temporária obrigatória das empresas de combustíveis fósseis.

A consecução dos objetivos REPowerEU exigirá um investimento cumulativo adicional de 210 mil milhões de EUR até 2027, além do investimento já necessário para alcançar a neutralidade climática até 2050⁷. Este investimento apoiará a expansão e a aceleração maciças da implantação de tecnologias de energia limpa (por exemplo, solar fotovoltaica, eólica, bombas de calor, tecnologias de poupança de energia, biometano e hidrogénio renovável), o que é fundamental para fazer face à dupla urgência energética e climática. A superação dos desafios tecnológicos e não tecnológicos conexos exigirá também um setor da energia limpa da UE forte e competitivo.

¹ COM(2021) 952 final e SWD(2021) 307 final («Progressos em matéria de competitividade das tecnologias energéticas limpas»).

² COM(2019) 640 final («Pacto Ecológico Europeu»).

³ COM(2022) 230 final («Plano REPowerEU»).

⁴ COM(2022) 360 final («Poupar gás para garantir um inverno em segurança»).

⁵ JO L 173 de 30.6.2022. Regulamento (UE) 2022/1032 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de junho de 2022, que altera os Regulamentos (UE) 2017/1938 e (CE) n.º 715/2009 no que respeita ao armazenamento de gás; JO L 206 de 8.8.2022. Regulamento (UE) 2022/1369 do Conselho, de 5 de agosto de 2022, relativo a medidas coordenadas de redução da procura de gás.

⁶ COM(2022) 473 final («Proposta de regulamento do Conselho relativo a uma intervenção de emergência para fazer face aos elevados preços da energia»).

⁷ COM(2021) 557 final («Alteração da Diretiva 2018/2001, do Regulamento 2018/1999 e da Diretiva 98/70/CE no respeitante à promoção de energia de fontes renováveis»).

O plano REPowerEU confirmou o compromisso de concretizar a meta a longo prazo do Pacto Ecológico Europeu de alcançar a neutralidade climática da UE até 2050, e de aplicar plenamente o pacote Objetivo 55 apresentado em julho de 2021⁸. A consecução dos objetivos do Pacto Ecológico Europeu exigirá que a UE desenvolva, aplique e expanda soluções inovadoras em matéria de eficiência energética e energias renováveis. Metade das reduções das emissões de gases com efeito de estufa esperadas até 2050 exigirá tecnologias que ainda não estão prontas para serem introduzidas no mercado⁹, pelo que as atividades de investigação e inovação (I&I) são uma componente crucial para aumentar a soberania tecnológica e a competitividade global da UE.

Neste contexto, e em consonância com as edições anteriores, o presente terceiro relatório anual sobre os progressos realizados em matéria de competitividade¹⁰ apresenta a situação atual e prevista para as diferentes tecnologias e soluções no domínio da energia limpa e hipocarbónica¹¹. Além disso, faz um levantamento dos aspetos da investigação, inovação e competitividade do sistema de energia limpa da UE como um todo¹².

A edição de 2021 foi importante para avaliar a recuperação económica da COVID-19, dado que destacou a forma como as melhorias na competitividade podem atenuar o impacto económico e social da pandemia a curto e médio prazo.

O relatório deste ano tem de ter em conta o apelo da UE para uma maior implantação de tecnologias de energia limpa e o impacto da crise energética no setor. Neste contexto, o relatório baseia-se em dados disponíveis para fornecer indicações sobre formas de reforçar a competitividade da UE em cadeias de valor da energia estratégicas, aumentando simultaneamente a penetração das tecnologias de energia limpa da UE. Ao mesmo tempo, a rápida evolução geopolítica energética e climática em curso faz com que os dados quantitativos mais atualizados nem sempre sejam capazes de refletir adequadamente esta situação sem precedentes. Por conseguinte, o presente relatório centra-se nos progressos realizados até ao final de 2021, com base nos dados consolidados disponíveis até então. Quando disponíveis e fiáveis, foram indicados dados mais recentes. No entanto, estes são escassos e, por conseguinte, ainda não podem refletir plenamente o impacto da atual crise energética na competitividade das tecnologias de energia limpa. Sempre que possível, e a fim de ter em conta os recentes desafios que o setor da energia limpa enfrenta e o seu impacto no mesmo, a análise baseia-se nas implicações já visíveis e nas avaliações qualitativas para o

⁸ COM(2021) 550 final («Objetivo 55: alcançar a meta climática da UE para 2030 rumo à neutralidade climática»).

⁹ Comissão Europeia, Direção-Geral da Investigação e Inovação, *Research and innovation to REPower the EU* (não traduzido para português), Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/74947>.

¹⁰ Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho – Progressos em matéria de competitividade das tecnologias energéticas limpas [primeira edição: COM(2020) 953 final; segunda edição: COM(2021) 952 final].

¹¹ Nomeadamente: energia solar fotovoltaica, energia eólica marítima e terrestre, bombas de calor para instalação em edifícios, baterias, produção de hidrogénio renovável por eletrólise da água, combustíveis renováveis, tecnologias inteligentes para a gestão da energia, energia hidroelétrica, energia oceânica, energia geotérmica, captura, utilização e armazenamento de dióxido de carbono (CUAC), bioenergia, energia solar de concentração (CSP) e aquecimento solar de concentração, energia nuclear.

¹² No presente relatório, o sistema de energia limpa abrange três segmentos de mercado:

- 1) Energia renovável, incluindo produção, instalação e geração;
- 2) Eficiência energética e sistemas de gestão que incluem tecnologias e atividades como contadores inteligentes, redes inteligentes, armazenamento e renovação de edifícios; e
- 3) Eletromobilidade, que inclui componentes como baterias e células de combustível essenciais para veículos elétricos e infraestruturas de carregamento.

ano de 2022; no entanto, o impacto total só poderá ser avaliado no relatório sobre os progressos realizados do próximo ano.

A competitividade é um conceito complexo e multifacetado que não pode ser definido por um único indicador¹³. Por conseguinte, o presente relatório avalia a competitividade do sistema de energia limpa da UE como um todo (secção 2), bem como de tecnologias e soluções de energia limpa específicas (secção 3), analisando um conjunto definido de indicadores (anexo I). A partir deste ano, o Observatório de Tecnologias de Energia Limpa (CETO) da Comissão realizará uma análise aprofundada baseada em dados concretos, subjacente ao presente relatório¹⁴.

O presente relatório é publicado em conformidade com o artigo 35.º, n.º 1, alínea m), do Regulamento relativo à Governação da União da Energia e da Ação Climática¹⁵ e acompanha o relatório do Estado da União da Energia¹⁶.

2. COMPETITIVIDADE GLOBAL DO SETOR DA ENERGIA LIMPA DA UE

2.1 Contexto: evolução recente

2.1.1 Preços e custos da energia: tendências recentes

Conforme referido nos relatórios anteriores sobre os progressos realizados em matéria de competitividade, durante a última década, os preços da eletricidade e do gás industriais foram mais elevados na UE do que na maioria dos países do G20 não pertencentes à UE. A invasão injustificada e não provocada da Ucrânia pela Rússia aumentou os preços, já em máximos históricos, registados em 2021 na UE e em muitas outras regiões do mundo. Os preços grossistas do gás na Europa foram cinco vezes mais elevados no primeiro trimestre de 2022 do que no ano anterior e, em agosto de 2022, atingiram um máximo histórico, antes de caírem para níveis mais baixos. Devido ao facto de as centrais elétricas a gás determinarem frequentemente os preços nos mercados europeus, tal resultou numa tendência semelhante para os preços grossistas da eletricidade¹⁷. Afetaram também os custos de produção de alguns setores, em particular, as indústrias com utilização intensiva de energia. O preço das matérias-primas também tem vindo a aumentar. O quinto relatório sobre os preços e custos da energia¹⁸, cuja adoção está prevista para o final de 2022, fornecerá análises e dados quantitativos atualizados.

Desde 2021, a UE e os Estados-Membros já tomaram várias medidas para ajudar a atenuar o impacto dos elevados preços da energia¹⁹. A proposta da Comissão de um regulamento relativo a uma intervenção de emergência para fazer face aos elevados preços da energia,

¹³ Com base nas conclusões do Conselho «Competitividade» de 28 de julho de 2020.

¹⁴ https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en.

¹⁵ JO L 328 de 21.12.2018. Regulamento (UE) 2018/1999 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativo à Governação da União da Energia e da Ação Climática.

¹⁶ COM(2022) 547 final («Estado da União da Energia 2022»).

¹⁷ Comissão Europeia, Direção-Geral da Energia, Observatório do Mercado da Energia, *Quarterly Report on European gas markets* (não traduzido para português), vol. 15.

¹⁸ Edição anterior de 2020: COM(2020) 951 final («Preços e custos da energia na Europa»).

¹⁹ As medidas incluem a Comunicação da Comissão [COM(2021) 660 final] («Enfrentar o aumento dos preços da energia: um conjunto de medidas de apoio e ação»), e a Comunicação [COM(2022) 138 final] («Segurança do aprovisionamento e preços das energia acessíveis»).

aprovada pelo Conselho em setembro de 2022, inclui instrumentos para reduzir em cerca de 4 % a utilização de gás para produzir energia durante o inverno, reduzindo assim a pressão sobre os preços, bem como uma proposta de angariar mais de 140 mil milhões de EUR para os Estados-Membros, a fim de ajudar a atenuar o impacto dos elevados preços da energia nos consumidores²⁰.

Embora o impacto desta tendência na cadeia de valor das tecnologias de energia limpa continue a ser heterogéneo, pode indicar uma melhoria da sua competitividade, em especial em comparação com as alternativas não renováveis²¹. Por exemplo, a produção de eletricidade solar fotovoltaica é já a fonte de produção mais barata num número crescente de países. No entanto, na produção de hidrogénio renovável por eletrólise da água, o custo da eletricidade é um dos principais fatores que afetam a viabilidade económica dos eletrolisadores.

A Figura 1 fornece mais informações sobre os custos das tecnologias de energia limpa. Apresenta uma panorâmica dos cálculos dos custos normalizados de produção de energia para o ano de 2021 para várias condições representativas²² na UE. Os resultados indicam que os segmentos tecnológicos com baixos custos variáveis (incluindo custos de combustível e custos operacionais variáveis) foram altamente competitivos em termos de custos em 2021. Esta constatação é mais sólida para a produção de energia solar e eólica, que tem custos normalizados de produção de energia na ordem dos 40 a 60 EUR/MWh. Além disso, o segmento das turbinas a gás de ciclo combinado (TGCC) parece ter sido, em média, mais competitivo em 2021 do que a produção a partir de carvão. As TGCC beneficiaram de um despacho prioritário durante os três primeiros trimestres de 2021, ao passo que a mudança de combustível só se tornou importante no quarto trimestre de 2021. Tal permitiu fatores de capacidade significativamente mais elevados para as TGCC em 2021²³. O aumento dos preços do gás continuou a apoiar a substituição do gás pelo carvão durante o primeiro trimestre de 2022, apesar do aumento dos preços do carbono. No entanto, os elevados preços do carvão no início do segundo trimestre de 2022 começaram a colmatar as disparidades, e os recentes anúncios de alguns Estados-Membros no sentido de aumentarem temporariamente a utilização de centrais a carvão geraram expectativas de que os preços do carvão aumentarão ainda mais nos próximos meses.

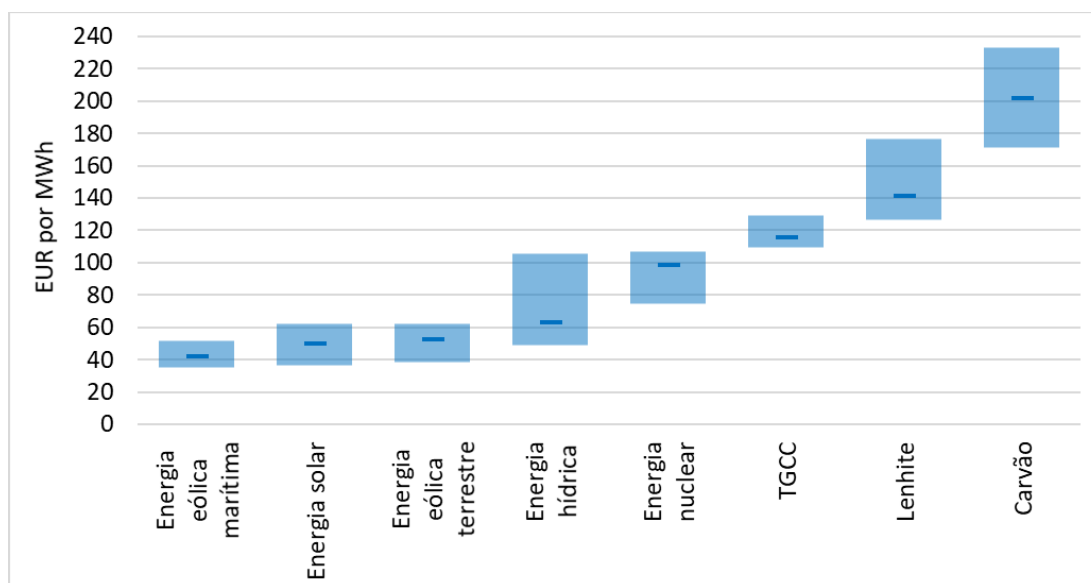
²⁰ COM(2022) 473 final («Proposta de regulamento do Conselho relativo a uma intervenção de emergência para fazer face aos elevados preços da energia»).

²¹ Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA), [World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway](#) [Panorama das transições energéticas mundiais 2022: via do 1,5 °C], Abu Dabi.

²² Os pontos de dados são mostrados para o primeiro a terceiro intervalo interquartil para filtrar os valores atípicos.

²³ Os fatores de capacidade modelados poderiam sobrestimar a mudança efetiva de combustível e, por conseguinte, em certa medida, as diferenças nos fatores de capacidade [ver secção 2.1 em Kanellopoulos, K., De Felice, M., Busch, S. e Koolen, D., [Simulating the electricity price hike in 2021](#) (não traduzido para português), JRC127862, EUR 30965 EN, Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2022].

Figura 1: Panorâmica dos custos normalizados de produção de energia específicos dos segmentos tecnológicos para o ano de 2021. As barras a azul-claro mostram um intervalo na UE-27. As linhas a azul-escuro indicam a mediana.



Fonte: Simulação do modelo METIS do Centro Comum de Investigação, 2022²⁴

Os preços muito elevados da energia geraram grandes ganhos financeiros para os produtores de eletricidade com custos marginais mais baixos (por exemplo, os que operam nos setores da energia eólica e solar). Por conseguinte, a Comissão propôs um regulamento relativo a uma intervenção de emergência para fazer face aos elevados preços da energia²⁵, que foi objeto de acordo político na reunião extraordinária do Conselho sobre Energia de 30 de setembro. O regulamento inclui a limitação temporária e a redistribuição das receitas das tecnologias inframarginais para atenuar as dificuldades dos consumidores de energia e da sociedade em geral. Inclui também uma contribuição de solidariedade temporária obrigatória aplicável aos lucros das empresas que operam nos setores do petróleo bruto, do gás natural, do carvão e da refinação, que aumentaram significativamente em comparação com os anos anteriores. A atual crise energética/dos combustíveis fósseis é o lembrete mais recente da necessidade de uma mudança de paradigma, a fim de assegurar a estabilidade futura.

O plano REPowerEU apela a uma expansão e aceleração maciças das energias renováveis na produção de eletricidade, na indústria, nos edifícios e nos transportes, não só para acelerar a independência energética da UE e impulsionar a transição ecológica, mas também para, a prazo, baixar os preços da eletricidade e reduzir as importações de combustíveis fósseis²⁶. As medidas incluirão a promoção das energias renováveis, o que exigirá uma infraestrutura elétrica adequada a essa finalidade. Para concretizar os objetivos REPowerEU, a implantação das energias renováveis tem de ser combinada com medidas de poupança de energia e de eficiência energética²⁷.

²⁴ JRC127862 Kanellopoulos, K., De Felice, M., Busch, S. e Koolen, D., *Simulating the electricity price hike in 2021* (não traduzido para português), EUR 30965 EN, Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2022.

²⁵ COM(2022) 473 final («Proposta de regulamento do Conselho relativo a uma intervenção de emergência para fazer face aos elevados preços da energia»).

²⁶ Ver ponto 3, página 6, de COM(2022) 230 final («Plano REPowerEU»).

²⁷ COM(2022) 360 final («Poupar gás para garantir um inverno em segurança»).

2.1.1 Cadeias mundiais de abastecimento de recursos e materiais: vulnerabilidades e perturbações

Juntamente com as preocupações em matéria de fiabilidade das cadeias de abastecimento existentes, e em particular com o fornecimento de gás natural, a pandemia de COVID-19 e o atual contexto geopolítico provocaram perturbações em algumas cadeias de abastecimento mundiais de materiais e recursos, afetando, assim, o setor da energia limpa. A UE depende fortemente dos fornecimentos provenientes de países terceiros, e a dupla transição ecológica e digital será alimentada pelo acesso às matérias-primas. As recentes tendências nas cadeias de abastecimento mundiais de materiais e recursos salientaram a urgência de reforçar a resiliência da UE e a segurança do seu aprovisionamento energético através da independência em termos de materiais e recursos e da soberania tecnológica.

A disponibilidade de materiais e a resiliência das cadeias de abastecimento são condições prévias para a concretização do REPowerEU, uma vez que o aumento da procura de tecnologias limpas está associado a uma maior procura de recursos, como metais e minerais. As tecnologias que dependem fortemente de matérias-primas importadas, ou de componentes que as contenham, incluem a eólica (ímãs permanentes, elementos de terras raras), a solar fotovoltaica (prata, germânio, gálio, índio, cádmio, silício-metal) e as baterias (cobalto, lítio, grafite, manganês, níquel)²⁸. A Agência Internacional da Energia (AIE) prevê que a procura global total de minerais, devido à anunciada implantação das energias renováveis, duplique ou mesmo quadruplique até 2040²⁹.

O aumento dos preços das matérias-primas afeta os custos das tecnologias de energia limpa. Os preços das matérias-primas necessárias para estas tecnologias, como o lítio e o cobalto, mais do que duplicaram em 2021, enquanto os preços do cobre e do alumínio aumentaram cerca de 25 % a 40 %³⁰. No mesmo ano, a tendência de redução dos custos das turbinas eólicas e dos módulos fotovoltaicos da última década inverteu-se: em comparação com 2020, os preços aumentaram 9 % e 16 %, respetivamente. Os conjuntos de baterias estarão, pelo menos, 15 % mais caros em 2022 do que em 2021³¹.

Um desafio emergente consiste em evitar substituir a dependência dos combustíveis fósseis por uma dependência de matérias-primas importadas e dos conhecimentos tecnológicos para a sua transformação e para o fabrico de componentes. Por exemplo, a China tem um quase monopólio na exploração mineira e na transformação dos elementos de terras raras cruciais para as tecnologias de energia limpa, combinado com uma forte posição de mercado na sua cadeia de produção.

O desafio da dependência dos recursos divide-se em três partes. Em primeiro lugar, a UE enfrenta uma maior concorrência no acesso a matérias-primas essenciais, uma vez que outros países estão a intensificar os seus próprios esforços para reforçar as suas capacidades e a

²⁸ Comissão Europeia, *Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU – a foresight study* (não traduzido para português), 2020, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42882>.

²⁹ AIE, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions* (não traduzido para português), versão revista em maio de 2022.

³⁰ Kim, T., *Critical minerals threaten a decades-long trend of cost declines for clean energy technologies* (não traduzido para português), sítio Web da AIE, maio de 2022.

³¹ AIE, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions* (não traduzido para português), versão revista em maio de 2022.

restringir potencialmente as suas exportações. Metade das 30 matérias-primas essenciais constantes da lista de matérias-primas essenciais para a UE³² são importadas em proporções superiores a 80 % em volume, o que é especialmente preocupante quando a oferta se concentra num número muito reduzido de países.

Em segundo lugar, apesar dos progressos significativos alcançados em termos de economia circular e taxas de reciclagem (mais de 50 % de alguns metais³³ são agora reciclados, cobrindo mais de 25 % do seu consumo³⁴), as matérias-primas secundárias, por si só, não serão suficientes para dar resposta à elevada procura, ainda em crescimento. As matérias-primas secundárias também colocam desafios adicionais (por exemplo, custos de reciclagem mais elevados para alguns materiais, viabilidade técnica e disponibilidade insuficiente de componentes montados de produtos em fim de vida). No entanto, a economia da reciclagem melhorará à medida que aumentar o custo das matérias-primas de origem primária e o volume de componentes montados de produtos em fim de vida disponíveis. As matérias-primas secundárias constituirão, assim, uma importante fonte de abastecimento após 2030, desde que o investimento necessário comece agora. A conceção inovadora da reciclabilidade é também muito importante.

Em terceiro lugar, existe um potencial teórico para cobrir entre 5 % e 55 % das necessidades da Europa em 2030 através da extração de matérias-primas dos solos europeus³⁵. No entanto, a promoção das capacidades de exploração mineira internas enfrenta obstáculos devido à morosidade dos procedimentos de licenciamento e às preocupações ambientais, à insuficiência da capacidade de refinação, e à falta de mão de obra qualificada e de conhecimentos especializados. A nova proposta de regulamento relativo às baterias³⁶ é um exemplo de uma iniciativa emblemática que ajudará a Europa a assumir um papel de liderança na economia circular das baterias, a começar pela exploração mineira sustentável e a terminar com a reciclagem.

A escassez de recursos, como a terra e a água, para a localização da energia solar, eólica ou da bioenergia, ou para a eletrólise da água para produzir hidrogénio renovável, pode limitar a continuação da implantação de tecnologias de energia limpa ao nível desejado na UE. Facilitar as utilizações múltiplas do espaço, como os sistemas agrivoltaicos (que combinam a agricultura com a produção de energia solar fotovoltaica) e designar sítios no ordenamento do espaço marítimo para atividades simultâneas, como a pesca e a energia de fontes renováveis ao largo, podem ajudar a superar estes condicionalismos. Ao mesmo tempo, é extremamente importante que os Estados-Membros tenham em conta a disponibilidade de água na conceção do cabaz energético.

³² COM(2020) 474 final («Resiliência em matérias-primas essenciais: o caminho a seguir para mais segurança e sustentabilidade»).

³³ Ferro, zinco ou platina.

³⁴ Comissão Europeia, Direção-Geral da Energia: Guevara Opinska, L., Gérard, F., Hoogland, O., *et al.*, *Study on the resilience of critical supply chains for energy security and clean energy transition during and after the COVID-19 crisis: final report (não traduzido para português)*, Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2833/946002>.

³⁵ KU Leuven, *Metals for Clean Energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge* (não traduzido para português), 2022.

³⁶ COM(2020) 798 final [«Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho relativo às baterias e respetivos resíduos, que revoga a Diretiva 2006/66/CE e altera o Regulamento (UE) 2019/1020»].

Uma abordagem eficaz à dependência da UE das importações das matérias-primas necessárias para o fabrico de tecnologias de energia limpa será fundamental para assegurar a futura competitividade do setor (em termos de custos, soberania tecnológica e resiliência) e para concretizar a dupla transição ecológica e digital. Em 2020, a Comissão publicou um plano de ação³⁷ para reduzir o risco de escassez, que incluiu ações para diversificar o aprovisionamento fora da UE (por exemplo, através de parcerias estratégicas no domínio das matérias-primas), promover a economia circular (por exemplo, através da ecoconceção, da I&I ou do levantamento da disponibilidade de matérias-primas essenciais nas minas urbanas ou resíduos), e viabilizar o potencial interno (por exemplo, utilizando a tecnologia de observação da Terra). Além de garantir o aprovisionamento, a UE pode também ter de constituir reservas estratégicas nos casos em que o aprovisionamento esteja em risco. Por conseguinte, em 14 de setembro de 2022, a presidente da Comissão Europeia anunciou um ato legislativo europeu sobre as matérias-primas essenciais no seu discurso sobre o estado da União.

2.1.2 Impacto da COVID-19 e recuperação

O impacto económico heterogéneo da COVID-19 constituiu uma grave ameaça para o setor da energia limpa da UE em 2020-2021.

Por um lado, com um volume de negócios de 163 mil milhões de EUR em 2020, e um valor acrescentado bruto (VAB) de 70 mil milhões de EUR, o setor das energias renováveis da UE aumentou 9 % e 8 %, respetivamente, em comparação com os valores de 2019. De um modo geral, gerou aproximadamente quatro vezes mais valor acrescentado por euro de volume de negócios³⁸ do que a indústria dos combustíveis fósseis, e quase 70 % mais do que a totalidade do setor transformador da UE³⁹. Porém, em 2020, registou-se uma evolução ligeiramente negativa deste rácio, o que indicia uma maior perda de valor (por exemplo, sob a forma de importações).

Em 2021, a produção pela UE⁴⁰ da maioria das tecnologias e soluções de energia limpa aumentou marcadamente, invertendo a tendência observada em 2020. A produção de baterias da UE teve um ano excepcional, com o valor de produção a quadruplicar em comparação com os valores de 2020, à medida que mais capacidade entrou em funcionamento. A produção de bombas de calor, energia eólica e energia solar fotovoltaica aumentou 30 % em 2021 (as bombas de calor tiveram um ano recorde; a energia eólica voltou aos níveis anteriores à pandemia; e a energia solar fotovoltaica inverteu a tendência decrescente observada desde 2011). A produção de biocombustíveis, principalmente biogasóleo, cresceu 40 % e aumentou amplamente nos Estados-Membros, enquanto a produção de bioenergia (por exemplo, péletes, resíduos de amido e aparas de madeira) aumentou 5 %. A produção de hidrogénio⁴¹

³⁷ COM(2020) 474 final («Resiliência em matérias-primas essenciais: o caminho a seguir para mais segurança e sustentabilidade»).

³⁸ O valor acrescentado bruto do setor dos combustíveis fósseis por cada euro do volume de negócios é inferior a 0,10 EUR (Estatísticas estruturais das empresas do Eurostat).

³⁹ O rácio VAB/volume de negócios da indústria transformadora (NACE C) na UE é de cerca de 0,25 EUR (dados Eurostat SBS_NA_IND_R2).

⁴⁰ Trata-se do valor da produção em termos monetários (EUR).

⁴¹ Inclui todo o hidrogénio, independentemente do processo de produção.

subiu quase 50 %, uma vez que os Países Baixos mais do que duplicaram a sua produção em 2021.

O aumento simultâneo dos preços que teve início em 2021 pode, no entanto, dar uma imagem demasiado positiva do crescimento da produção. Além disso, algumas tecnologias registaram um aumento das importações para satisfazer a procura crescente na UE. Por exemplo, 2021 foi o ano com o maior aumento relativo do défice comercial da UE em bombas de calor (390 milhões de EUR em 2021 face a 40 milhões de EUR em 2020, sendo 2020 o primeiro ano em que o excedente comercial da UE se transformou em défice), seguindo-se os biocombustíveis (2,3 mil milhões de EUR em 2021; 1,4 mil milhões de EUR em 2020), e os sistemas solares fotovoltaicos (9,2 mil milhões de EUR em 2021; 6,1 mil milhões de EUR em 2020). No entanto, a UE manteve uma balança comercial positiva na tecnologia da energia eólica (2,6 mil milhões de EUR em 2021; 2 mil milhões de EUR em 2020) e na tecnologia hidroelétrica, apesar da tendência decrescente registada desde 2015 (211 milhões de EUR em 2021; 232 milhões de EUR em 2020).

As políticas de recuperação económica da UE, como o Mecanismo de Recuperação e Resiliência (MRR) no âmbito do NextGenerationEU⁴², são fundamentais para a reorientação e o reforço dos investimentos no setor da energia limpa. Em outubro de 2022, o Conselho chegou a acordo⁴³ sobre a proposta da Comissão Europeia⁴⁴ de introduzir um capítulo REPowerEU específico nos planos de recuperação e resiliência (PRR) dos Estados-Membros, a fim de financiar os principais investimentos e reformas que contribuirão para a consecução dos objetivos REPowerEU⁴⁵.

As reformas e os investimentos propostos pelos Estados-Membros nos seus PRR excederam, até à data, as metas em matéria de despesas climáticas e digitais (pelo menos 37 % e 20 % das despesas dos PRR, respetivamente)⁴⁶. Os 26⁴⁷ PRR aprovados pela Comissão até 8 de setembro de 2022 dedicaram medidas no valor de aproximadamente 200 mil milhões de EUR à transição climática e de 128 mil milhões de EUR à transformação digital⁴⁸, o que representa 40 % e 26 % da dotação total destes Estados-Membros (subvenções e empréstimos), respetivamente.

⁴² COM (2020) 456 final («A Hora da Europa: Reparar os Danos e Preparar o Futuro para a Próxima Geração»).

⁴³ <https://www.consilium.europa.eu/pt/press/press-releases/2022/10/04/repowereu-council-agrees-its-position/>.

⁴⁴ COM(2022) 231 final [«Proposta de Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho que altera o Regulamento (UE) 2021/241 no que diz respeito aos capítulos REPowerEU dos planos de recuperação e resiliência e que altera o Regulamento (UE) 2021/1060, o Regulamento (UE) 2021/2115, a Diretiva 2003/87/CE e a Decisão (UE) 2015/1814»].

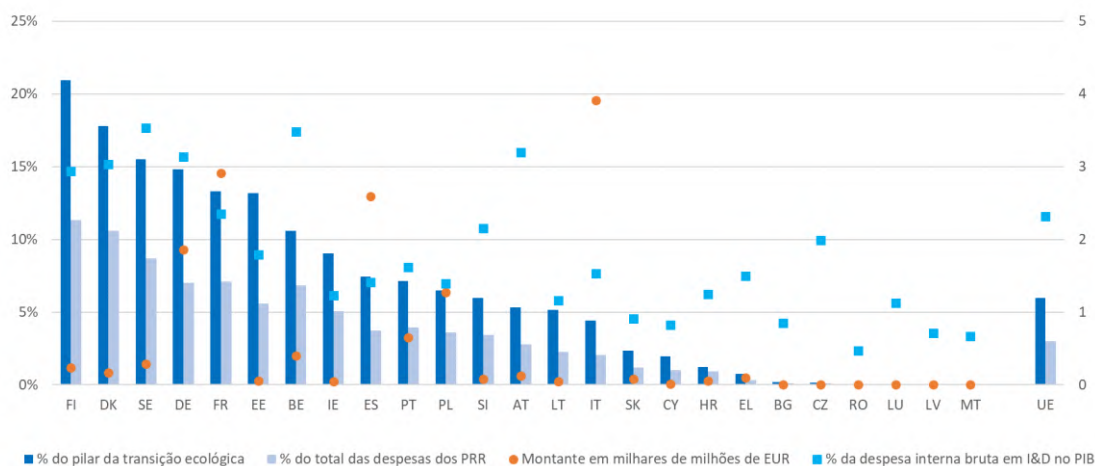
⁴⁵ A proposta inclui reafetações orçamentais adicionais da UE para complementar os 225 mil milhões de EUR ainda disponíveis de empréstimos do MRR e apela a um aumento dos fundos para o MRR. A Comissão Europeia iniciou debates bilaterais com os Estados-Membros para identificar reformas e investimentos suscetíveis de serem elegíveis para financiamento ao abrigo dos novos capítulos REPowerEU. O financiamento da UE complementa outros financiamentos públicos e privados disponíveis, que desempenharão um papel fundamental na obtenção dos investimentos necessários para o REPowerEU.

⁴⁶ Os progressos na execução dos PRR podem ser acompanhados em tempo real na grelha de avaliação da recuperação e resiliência, uma plataforma em linha criada pela Comissão em dezembro de 2021.

⁴⁷ AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HR, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK.

⁴⁸ Os PRR tinham de especificar e justificar até que ponto cada medida contribui para os objetivos climáticos: integralmente (100 %), parcialmente (40 %) ou nada (0 %). A contribuição para o objetivo climático foi calculada com recurso ao anexo VI do Regulamento MRR, respetivamente. A combinação dos coeficientes com as estimativas de custos de cada medida permite calcular até que ponto os planos contribuem para a meta climática.

Figura 2: IDI em atividades ecológicas nos PRR em percentagem (eixo da esquerda) e montante absoluto (eixo da direita). A intensidade de I&D face ao PIB (eixo da direita) também é indicada para efeitos de comparação.



Fonte: JRC com base em dados da DG ECFIN

Os 25 PRR aprovados pelo Conselho em 8 de setembro de 2022 incluem medidas relacionadas com a I&I num orçamento total de 47 mil milhões de EUR⁴⁹ (incluindo investimentos temáticos e horizontais⁵⁰). Deste montante, 14,9 mil milhões de EUR foram afetados a investimentos em investigação, desenvolvimento e inovação (IDI) em atividades ecológicas (Figura 2).

2.1.3 Capital humano e competências

Os dados mais recentes sobre o **capital humano** a nível mundial mostram que, embora o setor da energia limpa tenha sido resiliente durante a pandemia de COVID-19, as lacunas e a escassez de competências aumentaram em 2021 e deverão continuar em 2022.

O emprego no setor da energia limpa da UE em sentido lato⁵¹ atingiu 1,8 milhões em 2019, com um crescimento médio anual de 3 % desde 2015⁵², representando 1 % do emprego total

⁴⁹ Os valores baseiam-se na metodologia de sinalização de pilares da grelha de avaliação da recuperação e resiliência e correspondem às medidas atribuídas aos domínios de intervenção «IDI em atividades ecológicas», «medidas relacionadas com o digital em IDI» e «IDI» enquanto domínios de intervenção principais ou secundários. O Conselho ainda não adotou o PRR dos Países Baixos, pelo que ainda não estão disponíveis dados ao abrigo da metodologia de sinalização de pilares. Mais informações sobre a grelha de avaliação da recuperação e resiliência estão disponíveis em https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/.

⁵⁰ Os investimentos temáticos em I&I incluem os investimentos que visam a transição ecológica, as tecnologias digitais e a saúde, ao passo que o investimento horizontal em I&I envolve medidas transversais que, por exemplo, reforçam os ecossistemas de inovação, modernizam as infraestruturas de investigação e apoiam a inovação empresarial. Para mais informações, a grelha de avaliação da recuperação e resiliência está disponível em: https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/.

⁵¹ Os números do setor da energia limpa constantes do relatório têm por base os dados do Eurostat sobre o setor dos bens e serviços ambientais (categorias «CREMA13A», «CREMA13B» e «CEPA1»). A categoria «CREMA 13A» (produção de energia proveniente de fontes renováveis) inclui a produção das tecnologias necessárias para produzir energia renovável. A categoria «CREMA 13B» (poupança e gestão do calor e da energia) inclui bombas de calor, contadores inteligentes, atividades de reabilitação energética, materiais de isolamento e partes de redes inteligentes. A categoria CEPA1 (proteção do ar e clima) inclui automóveis elétricos e híbridos, veículos pesados de passageiros e outros veículos mais limpos e eficientes, e infraestrutura de carregamento, essenciais para o funcionamento dos veículos elétricos (inclui também componentes como baterias, células de combustível e grupos motopropulsores elétricos essenciais para veículos elétricos).

⁵² Eurostat [env_ac_egss1].

da UE. Em comparação, o emprego na economia em geral cresceu, em média, 1 % por ano⁵³, enquanto o emprego na indústria das energias fósseis diminuiu, em média, 2 % na última década⁵⁴. Em 2020, a China ocupava a primeira posição mundial (39 %), seguida da UE (11 %)⁵⁵, no emprego a nível mundial no setor das «energias renováveis», que, no total, representava 12 milhões de postos de trabalho⁵⁶.

A composição dos empregos no setor da energia limpa da UE em sentido lato mudou de diversas formas⁵⁷. A indústria das bombas de calor⁵⁸ está a ultrapassar os setores dos biocombustíveis sólidos⁵⁹ e da energia eólica na qualidade de maior empregador. Tal deve-se principalmente ao aumento da instalação de bombas de calor. Esta tendência deverá manter-se com o plano REPowerEU e as novas ofertas de produtos disponíveis para o setor da renovação⁶⁰. Além disso, em média, o setor da energia limpa é 20 % mais produtivo do que a economia em geral. Desde 2015, a produtividade do trabalho tem vindo a aumentar mais rapidamente no setor da energia limpa (2,5 % por ano) do que na economia em geral (1,8 % por ano). Este aumento foi impulsionado pelo setor da eletromobilidade (5 % por ano) e pelas energias renováveis (4 % por ano), registando-se diferentes tendências em função das tecnologias.

No entanto, em 2022, quase 30 % das empresas da UE envolvidas no fabrico de equipamento elétrico⁶¹ registaram **escassez de mão de obra**, atingindo níveis ainda mais elevados do que em 2018. Tal deve-se principalmente à recuperação económica global da pandemia, combinada com a lentidão do setor da energia limpa no desenvolvimento das competências exigidas pela transição ecológica e digital⁶². Com mais de 70 % das empresas da UE envolvidas no fabrico de equipamento elétrico a enfrentar escassez de materiais em 2022,

⁵³ Eurostat [lfsi_emp_a].

⁵⁴ Eurostat [sbs_na_ind_r2].

⁵⁵ Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA) e Organização Internacional do Trabalho (OIT), *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021* (não traduzido para português), Abu Dabi e Genebra.

⁵⁶ Inclui emprego direto e indireto.

⁵⁷ EurObserv'ER. *The State of Renewable Energies in Europe – Edition 2021 20th EurObserv'ER Report* (não traduzido para português), 2022. Este valor inclui as bombas de calor.

⁵⁸ As bombas de calor representaram 24 % de todos os empregos no setor das energias renováveis, enquanto os biocombustíveis sólidos e a energia eólica contribuíram com 20 %. Baseado em: EurObserv'ER. *The State of Renewable Energies in Europe – Edition 2021 20th EurObserv'ER Report* (não traduzido para português), 2022.

⁵⁹ As revisões metodológicas afetaram especialmente os dados relativos aos biocombustíveis, que são atualizados com base nos dados do projeto ADVANCEFUEL do Horizonte 2020.

⁶⁰ European Heat Pump Association (EHPA), *European Heat Pump Market and Statistics Report 2021* (não traduzido para português), 2022.

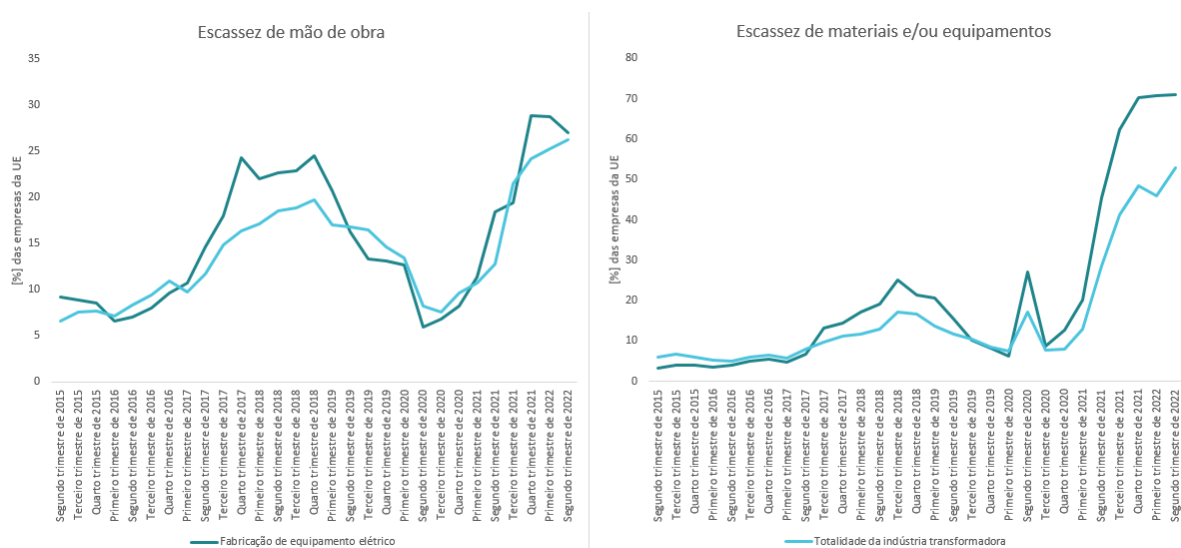
⁶¹ O código NACE «27 – Fabricação de equipamento elétrico» é utilizado como referência para a indústria de produção de energia limpa, uma vez que muitas tecnologias de energia limpa se enquadram nesta categoria. É também utilizado como referência para o ecossistema industrial das energias renováveis na estratégia industrial da UE [COM(2020) 108 final e sua recente atualização COM(2021) 350 final].

⁶² A lentidão deve-se a vários desajustamentos nos empregos (por exemplo, espaciais, setoriais, profissionais e temporais). A rápida mudança para o ecológico e o digital contrasta com o tempo necessário para desenvolver capacidades em matéria de competências. Ver, por exemplo:

- Czako, V., *Skills for the clean energy transition* (não traduzido para português), 2022 (a publicar);
- Asikainen, T., Bitat, A., Bol, E., Czako, V., Marmier, A., Muench, S., Murauskaite-Bull, I., Scapolo, F. e Stoermer, E., *The future of jobs is green* (não traduzido para português), Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2021, [doi:10.2760/218792_JRC126047](https://doi.org/10.2760/218792_JRC126047);
- Cedefop (Centro Europeu para o Desenvolvimento da Formação Profissional), *Um aliado na transição ecológica – O EFP, sobretudo os programas de aprendizagem, podem fornecer as competências necessárias para empregos em transição ecológica e, por sua vez, ajudar a configurá-los*, Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2022, <http://data.europa.eu/doi/10.2801/712651>.

estas tendências mostram o risco crescente das perturbações na cadeia de abastecimento de energia limpa (Figura 3).

Figura 3: Escassez de mão de obra e de materiais sentida pelos fabricantes de equipamento elétrico da UE e pela totalidade do setor transformador da UE [%].



Fonte: JRC com base nos dados dos inquéritos às empresas da DG ECFIN⁶³

O plano REPowerEU apela à intensificação dos esforços para ultrapassar a escassez de mão de obra qualificada em vários segmentos das tecnologias de energia limpa. Para o efeito, e com base nas atividades já existentes na UE⁶⁴, o plano anuncia o apoio às competências através do ERASMUS+⁶⁵ e da Empresa Comum do Hidrogénio Limpo⁶⁶. A estratégia da UE para a energia solar também propõe ações específicas⁶⁷. O Fórum Industrial das Energias Limpas de 2022 adotou uma declaração conjunta sobre as competências⁶⁸, comprometendo-se a tomar medidas concretas para dar resposta às carências de mão de obra qualificada identificadas⁶⁹. Em 2022, o Conselho adotou também uma recomendação em que convida os Estados-Membros a adotarem medidas que abordem os aspetos sociais e de emprego das políticas climática, energética e ambiental⁷⁰. Em 12 de outubro de 2022, a Comissão Europeia propôs fazer de 2023 o Ano Europeu das Competências, a fim de tornar a UE mais atrativa para os trabalhadores qualificados⁷¹.

⁶³ Dados dos inquéritos às empresas e aos consumidores [industry_subsectors_q8_nace2].

⁶⁴ Por exemplo, a Agenda de Competências para a Europa de 2020, o seu emblemático Pacto para as Competências e as suas parcerias com ecossistemas industriais, e o Fundo para uma Transição Justa.

⁶⁵ Erasmus + <https://www.erasmuskills.eu/eskills/>.

⁶⁶ Empresa Comum do Hidrogénio Limpo, *Strategic Research and Innovation Agenda 2021–2027* (não traduzido para português), <https://www.clean-hydrogen.europa.eu/system/files/2022-02/Clean%20Hydrogen%20JU%20SRIA%20-%20approved%20by%20GB%20-%20clean%20for%20publication%20%28ID%2013246486%29.pdf>.

⁶⁷ COM(2022) 221 final («Estratégia da UE para a energia solar»).

⁶⁸ *Joint Declaration on Skills in the Clean Energy Sector* (não traduzida para português), publicada em 16 de junho de 2022. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/news/clean-energy-industrial-forum-underlines-importance-deploying-renewables-2022-jun-16_en.

⁶⁹ Por exemplo, estima-se que 800 000 trabalhadores terão de receber formação para trabalhar na cadeia de valor das baterias para cumprir os objetivos REPowerEU. Cerca de 400 000 trabalhadores terão de receber formação e melhorar as suas competências na cadeia de valor das bombas de calor, não incluindo os peritos que trabalham atualmente em bombas de calor e que passarão à reforma nos próximos anos (ver nota de rodapé 69).

⁷⁰ 2022/C 243/04, Recomendação do Conselho que visa assegurar uma transição justa para a neutralidade climática.

⁷¹ COM(2022) 526 final.

Os desequilíbrios de género na força de trabalho do setor de energia e na investigação e inovação relacionada com a energia persistem, embora faltem, em grande medida, dados coerentes e contínuos repartidos por género⁷². A sub-representação das mulheres na tomada de decisões das empresas do setor da energia e no ensino superior nos subdomínios da ciência, tecnologia, engenharia e matemática (CTEM) reflete-se numa menor percentagem de pedidos de patente com mulheres inventoras (apenas 20 % em todas as classes de patentes em 2021⁷³ e pouco mais de 15 % em tecnologias de atenuação das alterações climáticas⁷⁴), numa menor percentagem de empresas em fase de arranque fundadas ou cofundadas por mulheres (menos de 15 % na UE em 2021)⁷⁵, e em montantes mais baixos de capital investidos em empresas lideradas por mulheres (apenas 2 % em empresas em fase de arranque totalmente femininas e 9 % em equipas mistas na UE em 2021⁷⁶).

A UE está a intensificar os seus esforços para garantir um ecossistema equilibrado e equitativo. As iniciativas incluem a Estratégia para a Igualdade de Género 2020-2025⁷⁷, a iniciativa «Women TechEU», lançada em 2022⁷⁸, o novo critério de elegibilidade incluído no Horizonte Europa⁷⁹, e as medidas concretas da Nova Agenda para a Inovação de 2022⁸⁰. Colmatar as disparidades de género ajudará não só a dar resposta aos desafios da UE em matéria de emprego e competências, a fim de alcançar a dupla transição ecológica e digital, mas apoiará também a inclusão das mulheres nestes domínios de trabalho, abordando, assim, os desafios societais.

2.2 Tendências na investigação e inovação

A crescente instabilidade ambiental, geopolítica, económica e social no mundo exige uma política de I&I da UE ágil, que possa responder eficazmente a uma situação de crise e, ao mesmo tempo, garantir a aplicação do Pacto Ecológico Europeu.

A política de I&I da UE define o rumo da inovação e o leque de tecnologias de energia limpa. O maior programa de I&I do mundo, o Horizonte Europa (com um orçamento de 95,5 mil milhões de EUR dedicado à I&I em 2021-2027), e outros programas de financiamento da UE (como o Fundo de Inovação e o financiamento da política de coesão) destinam-se a reforçar o ecossistema de I&I da UE e a contribuir para a consecução dos objetivos políticos da UE⁸¹. Juntamente com esforços conjuntos e coordenados nos Estados-Membros [nomeadamente

⁷² COM(2020) 953 final, COM(2021) 952 final («Progressos em matéria de competitividade das tecnologias energéticas limpas»).

⁷³ Para as invenções em que pelo menos um inventor está sediado na Europa. Números baseados no Instituto Europeu de Patentes 2022.

⁷⁴ Agência Internacional de Energia, <https://www.iea.org/commentaries/gender-diversity-in-energy-what-we-know-and-what-we-dont-know>.

⁷⁵ Agência de Execução do Conselho Europeu da Inovação e das PME (EISMEA), 2022.

⁷⁶ IDC, *European Women in Venture Capital report* (não traduzido para português), 2022.

⁷⁷ Comissão Europeia, Estratégia para a Igualdade de Género.

⁷⁸ Agência de Execução do Conselho Europeu da Inovação e das PME (EISMEA), 2022. https://eisma.ec.europa.eu/programmes/european-innovation-ecosystems/women-techeu_en.

⁷⁹ O Horizonte Europa tem um novo critério de elegibilidade em que as organizações de investigação que se candidatam a financiamento devem dispor de um plano de igualdade de género executável, com uma meta de equilíbrio de género de 50 % em todos os órgãos de decisão e avaliadores relacionados com o Horizonte Europa. Para mais informações, consultar o sítio Web: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/democracy-and-rights/gender-equality-research-and-innovation_en#gender-equality-plans-as-an-eligibility-criterion-in-horizon-europe.

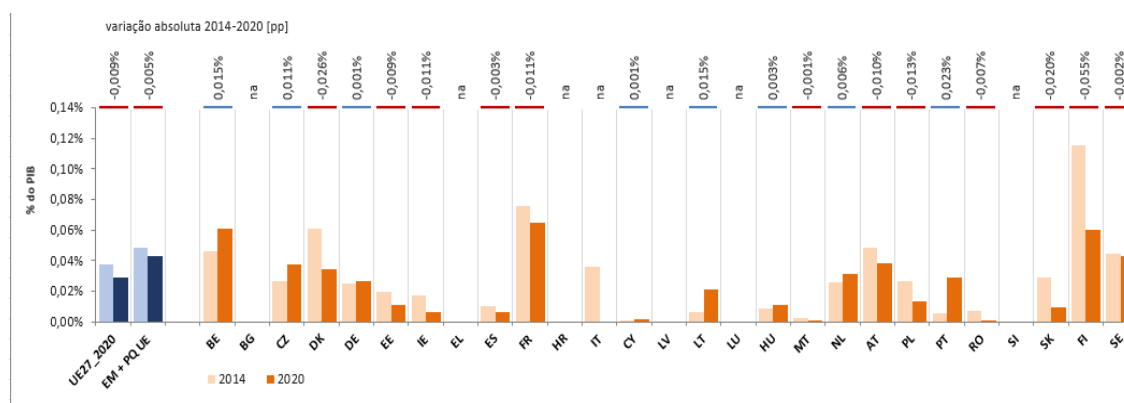
⁸⁰ COM(2022) 332 final («Uma nova Agenda Europeia para a Inovação»).

⁸¹ Comissão Europeia, Direção-Geral da Investigação e da Inovação, *Science Research and Innovation Performance of the EU 2022* (não traduzido para português), Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2022.

através do Plano Estratégico Europeu para as Tecnologias Energéticas (plano SET)]⁸², as atividades de I&I aumentam a resiliência do setor da energia limpa da UE.

Em 2020, a maioria dos Estados-Membros da UE aumentou os seus investimentos públicos em I&I nas prioridades da União da Energia da UE^{83,84}, tendo sido comunicados mais de 4 mil milhões de EUR até à data. Prevê-se que, em termos absolutos, os valores totais finais para 2020 sejam comparáveis aos valores anteriores à crise financeira. No entanto, quando medido em percentagem do produto interno bruto (PIB), o investimento em I&I pública, a nível nacional e da UE, permanece abaixo dos níveis de 2014 (Figura 4).

Figura 4: Investimentos públicos em I&I no domínio da energia limpa nos Estados-Membros da UE em percentagem do PIB desde o início do Horizonte 2020⁸⁵.



Fonte: JRC com base na AIE⁸⁶ e em trabalho próprio⁸⁷.

Em 2020, os fundos do Horizonte 2020 que apoiam as prioridades de I&I da União da Energia acrescentaram 2 mil milhões de EUR às contribuições dos programas nacionais dos Estados-Membros. Embora as contribuições nacionais, por si só, continuem a ser baixas entre as principais economias, com a inclusão dos fundos do Horizonte 2020, a UE ficou em segundo lugar entre as principais economias em investimento público em I&I no domínio da energia limpa em 2020 (Figura 5)⁸⁸, tanto em termos de despesa absoluta (6,6 mil milhões de EUR, com os EUA a liderar com 8 mil milhões de EUR) como em percentagem do PIB (0,046 %, com o Japão a liderar com 0,058 %, mas pouco à frente dos EUA e da Coreia do Sul⁸⁹).

⁸² O plano SET é o principal instrumento da UE para alinhar as políticas e o financiamento da I&I em tecnologias de energia limpa a nível da UE e a nível nacional e promover os investimentos privados. Para mais informações, consultar: https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/strategic-energy-technology-plan_en.

⁸³ Energia de fontes renováveis, sistemas inteligentes, sistemas eficientes, transportes sustentáveis, CUAC e segurança nuclear [COM(2015) 80 final] («Pacote União da Energia»).

⁸⁴ JRC SETIS https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data_en.

⁸⁵ «PQ UE» significa Programa-Quadro da UE e «na» refere-se a países que não forneceram quaisquer dados.

⁸⁶ Adaptado da edição de 2022 da base de dados de orçamentos de investigação, desenvolvimento e demonstração (IDD) para tecnologias energéticas da AIE.

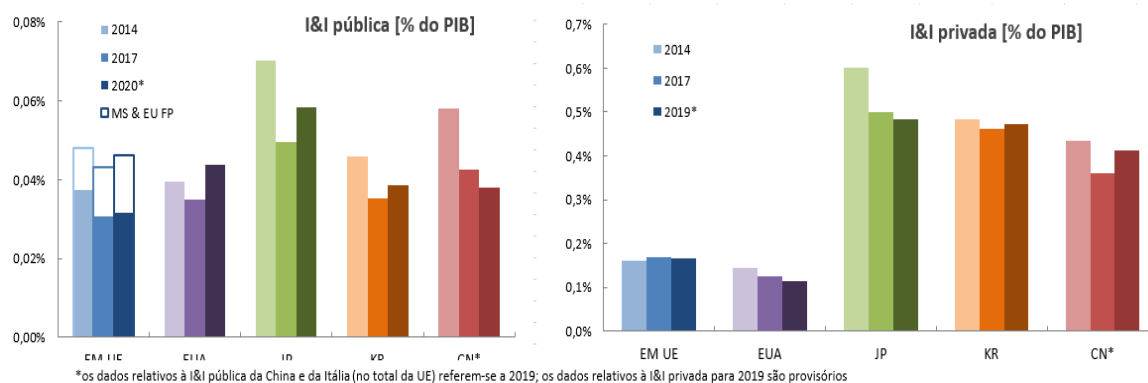
⁸⁷ SETIS do JRC https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data_en.

⁸⁸ O gráfico sobrepõe as duas primeiras categorias da figura 4 para a UE. Os valores das duas figuras são ligeiramente diferentes, uma vez que o valor para Itália na Figura 5 é uma estimativa.

⁸⁹ Estes valores incluem fundos dos Estados-Membros e do programa-quadro da UE. O relatório do ano passado referia apenas os fundos dos Estados-Membros, que também são apresentados na figura 5 e permanecem abaixo dos fundos de outras grandes economias em percentagem do PIB.

De acordo com avaliações globais, o setor empresarial investe, em média, pelo menos três vezes mais em I&I no domínio da energia limpa do que o setor público⁹⁰. O investimento do setor empresarial da UE representa 80 % da despesa com I&I nas prioridades de I&I da União da Energia. Em 2019, o investimento privado estimado em I&I na UE ascendeu a 0,17 % do PIB (Figura 5) e a 11 % da despesa total do setor comercial e empresarial em I&D. As estimativas para a UE mostram que o investimento em termos absolutos (18-22 mil milhões de EUR por ano) tem sido comparável ao dos EUA e do Japão desde 2014. No entanto, em termos de percentagem do PIB, apesar de o investimento da UE ser superior aos dos EUA, a UE continua abaixo de outras grandes economias concorrentes (Japão, Coreia do Sul e China).

Figura 5: Financiamento público e privado em I&I nas prioridades de I&I da União da Energia nas principais economias como percentagem do PIB



Fonte: JRC com base na AIE⁹¹, MI⁹² e em trabalho próprio.

Desde 2014, metade dos Estados-Membros da UE aumentou a sua **atividade de registo de patentes** em consonância com as prioridades de I&I da União da Energia, com os líderes da inovação ecológica, como a Alemanha e a Dinamarca, a apresentar um forte desempenho, tanto em números absolutos como na percentagem de patentes verdes na sua carteira global de inovação. A UE continuou a ser o principal requerente de patentes a nível mundial nos domínios do clima e do ambiente (23 %), da energia (22 %) e dos transportes (28 %).

Em todo o mundo, em 2020, houve um número ligeiramente menor de **publicações científicas** sobre tecnologias energéticas hipocarbónicas do que entre 2016 e 2019. Na UE, este número aumentou de forma mais modesta entre 2016 e 2019 (em comparação com a média mundial), e diminuiu mais acentuadamente em 2020. A UE contribuiu com um pouco mais de 16 % dos artigos científicos em todo o mundo, mas continuou a produzir mais do dobro do número médio mundial de publicações por habitante⁹³.

⁹⁰ AIE, *Tracking clean energy innovation - A framework for using indicators to inform policy* (não traduzido para português), 2020.

⁹¹ Adaptado da edição de 2022 da base de dados de orçamentos de investigação, desenvolvimento e demonstração (IDD) para tecnologias energéticas da AIE.

⁹² *Mission Innovation Country Highlights, 6th MI Ministerial 2021* (não traduzido para português), http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/05/MI_2021v0527.pdf.

⁹³ Comissão Europeia, Direção-Geral da Investigação e da Inovação, Provençal, S., Khayat, P., Campbell, D., *Publications as a measure of innovation performance in the clean energy sector: assessment of bibliometric indicators*, (não traduzido para português), Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2022.

Esta tendência deve-se principalmente ao número crescente de publicações científicas noutros domínios, e ao facto de as economias de elevado rendimento já não parecerem dominar em temas relacionados com a energia limpa e a inovação⁹⁴. A UE liderava a investigação no domínio da energia há dez anos, mas a enorme melhoria na quantidade e na qualidade da produção chinesa em investigação no domínio da energia fez cair a UE para segundo lugar. Os investigadores chineses estão na vanguarda das publicações mais citadas relacionadas com a energia (com uma percentagem de 39 %)⁹⁵. No entanto, os cientistas da UE colaboram e publicam a nível internacional sobre temas relacionados com a energia limpa, num grau muito superior à média mundial, registando-se também um nível de colaboração mais elevado entre os setores público e privado na UE. O programa-quadro de I&I do Horizonte 2020, o Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, e o sétimo programa-quadro de I&I ficaram entre os 20 principais regimes de financiamento de apoio à ciência da energia limpa reconhecidos a nível mundial no período 2016-2020⁹⁶.

A última edição do relatório⁹⁷ salientou a necessidade de reforçar a monitorização da atividade de I&I pública e privada no domínio da energia limpa e a avaliação quantitativa da competitividade e, desde então, essa necessidade tornou-se ainda mais importante. A revisão do plano SET e a atualização prevista dos planos nacionais em matéria de energia e clima (PNEC)⁹⁸, prevista para junho de 2024⁹⁹, estão a criar, em conjunto, uma dinâmica para reforçar o diálogo sobre a I&I no domínio da energia limpa e a competitividade entre a UE e os seus Estados-Membros.

2.3 O panorama concorrencial mundial em matéria de energia limpa

A nível mundial, o compromisso urgente de acelerar a transição energética levou ao desenvolvimento de muitas soluções de energia limpa, que vão desde tecnologias de nicho à indústria global e às cadeias de valor internacionais. Estima-se que, até 2050, os mercados mundiais ascendam a 24 biliões de EUR no que respeita às energias renováveis e a 33 biliões de EUR no que respeita à eficiência energética¹⁰⁰.

A liderança da UE no domínio da ciência, a solidez da sua base industrial, e as suas condições de enquadramento ambiciosas no domínio da energia limpa proporcionam uma adequada base tecnológica para o desenvolvimento previsto do mercado de várias tecnologias de energia limpa. Desde 2014, a UE tem mantido a sua posição favorável em matéria de

⁹⁴ Schneegans S., Straza, T., e Lewis, J. (editores), *UNESCO Science Report: the Race Against Time for Smarter Development* (não traduzido para português), UNESCO Publishing, Paris, 2021.

⁹⁵ Comissão Europeia, Direção-Geral da Investigação e da Inovação, *Science Research and Innovation Performance of the EU 2022* (não traduzido para português), Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2022.

⁹⁶ Elsevier, *Pathways to Net Zero: The Impact of Clean Energy Research* (não traduzido para português), 2021. Disponível em: https://www.elsevier.com/data/assets/pdf_file/0006/1214979/net-zero-2021.pdf. As publicações são contabilizadas como investigação para um futuro neutro em termos de emissões se avançarem com conhecimentos sobre a investigação e a inovação no domínio da energia limpa e sobre como alcançar um futuro neutro em termos de emissões. Os dados provêm da base de dados Scopus.

⁹⁷ COM (2021) 952 final e SWD(2021) 307 final («Progressos em matéria de competitividade das tecnologias energéticas limpas»).

⁹⁸ Mais pormenores sobre os PNEC em: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en.

⁹⁹ JO L 328 de 21.12.2018. O Regulamento (UE) 2018/1999 relativo à Governança da União da Energia e da Ação Climática estabelece a revisão periódica dos PNEC, a fim de os alinhar com a evolução política mais recente. Espera-se que os projetos de PNEC sejam apresentados até junho de 2023.

¹⁰⁰ IRENA, *Global energy transformation: a roadmap to 2050* (não traduzido para português), Abu Dabi, 2019.

patentes protegidas a nível internacional, confirmando assim a tendência salientada no relatório do ano passado¹⁰¹. A UE continua a ficar apenas atrás do Japão em invenções de elevado valor¹⁰², lidera em matéria de energias renováveis, e partilha a liderança com o Japão em eficiência energética, principalmente graças à especialização da UE em materiais e tecnologias para edifícios. Os dados relativos ao registo de patentes da UE mostram também a sua liderança no domínio dos combustíveis renováveis, das baterias e da eletromobilidade, e das tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono.

A maioria dos novos investimentos em tecnologias de energia limpa deverá ter lugar fora da UE, e as matérias-primas necessárias são comercializadas a nível internacional¹⁰³, o que torna essencial uma forte presença e desempenho da UE nas cadeias de valor mundiais e o seu acesso aos mercados de países terceiros. O aumento das medidas tomadas pelos governos de países terceiros (introdução de obstáculos ao acesso ao mercado, requisitos de conteúdo local e outras medidas ou práticas discriminatórias) pode, contudo, distorcer a **dinâmica do investimento e do comércio internacional**. Tais medidas podem ter um impacto negativo no emprego, no crescimento e na base tributável da UE, e reduzir os benefícios que a UE normalmente retiraria de ser pioneira neste domínio. Além disso, criam um claro risco de «contaminação», uma vez que podem levar outros países terceiros a tomar medidas semelhantes, que criam ineficiências nas cadeias de abastecimento internacionais e, a mais longo prazo, afetam os incentivos ao investimento no setor. Por sua vez, tal aumentaria os custos da transição em geral e poderia minar o empenho contínuo do público em geral na descarbonização total.

Continua a registar-se e a aumentar em todo o mundo uma preocupação quanto ao impacto do domínio da tecnologia apoiada ou subsidiada pelo Estado, dos mercados fechados, das diferentes normas de proteção da propriedade intelectual (PI) e das políticas sobre inovação e competitividade no setor, especialmente as aplicadas pela China, bem como por outros países terceiros. A atual crise geopolítica afetou também a concorrência no mercado mundial da energia limpa, e resta saber de que forma as novas medidas nacionais para acelerar a implantação interna de tecnologias de energia limpa (por exemplo, a lei de redução da inflação dos EUA¹⁰⁴) podem ter um impacto negativo no panorama concorrencial mundial em matéria de energia limpa.

Neste contexto, a **cooperação internacional em matéria de I&I** não só acelerará ainda mais a transição para a energia limpa, como também combaterá a perturbação do mercado mundial da energia. Os programas e políticas da UE, como o Horizonte Europa e o Erasmus+, têm apoiado sistematicamente a cooperação em matéria de I&I com parceiros mundiais de confiança. A comunicação da Comissão sobre a abordagem global da investigação e inovação¹⁰⁵ apresenta um quadro melhorado para o desenvolvimento dessa cooperação internacional. A comunicação da Comissão intitulada «Ação externa da UE no domínio da energia num mundo em mudança»¹⁰⁶ prevê a intensificação dessa cooperação e o

¹⁰¹ COM(2021) 952 final («Progressos em matéria de competitividade das tecnologias energéticas limpas»).

¹⁰² As famílias de patentes de elevado valor (invenções) são as que incluem pedidos apresentados a mais de um instituto (ou seja, pedem proteção em mais do que um país ou mercado).

¹⁰³ Agência Internacional da Energia, *Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector* (não traduzido para português), 2021.

¹⁰⁴ [FACT SHEET: The Inflation Reduction Act Supports Workers and Families](#) (não traduzido para português), Casa Branca.

¹⁰⁵ COM(2021) 252 final («Estratégia da Europa para a cooperação internacional num mundo em mudança»).

¹⁰⁶ JOIN(2022) 23 final («Ação externa da UE no domínio da energia num mundo em mudança»).

desenvolvimento de parcerias para apoiar a transição ecológica em temas cruciais como o hidrogénio renovável e hipocarbónico, o acesso às matérias-primas e a inovação. Além disso, a comunicação da Comissão intitulada «Um novo EEI para a Investigação e a Inovação»¹⁰⁷ apela à atualização e ao desenvolvimento dos princípios orientadores para a valorização dos conhecimentos. Até ao final de 2022, está prevista a elaboração de um código de práticas para a utilização inteligente da propriedade intelectual¹⁰⁸. A Comissão contribui para o avanço da cooperação internacional em matéria de inovação e tecnologia no domínio da energia, continuando a participar na Missão Inovação¹⁰⁹ e no Fórum Ministerial sobre Energia Limpa. Além disso, a nova estratégia global da UE em matéria de conectividade, a Estratégia Global Gateway¹¹⁰, a comunicação da Comissão intitulada «Revisão da política comercial»¹¹¹, e a Parceria Internacional para uma Transição Energética Justa com a África do Sul¹¹² sublinham a importância de aprofundar a cooperação internacional e as relações comerciais, a fim de potenciar a competitividade das tecnologias de energia limpa em sinergia com a abertura e a atratividade do mercado único da UE.

A cooperação internacional no domínio da investigação, a transferência de tecnologias, a política comercial e a diplomacia energética terão de trabalhar em conjunto para garantir um comércio e um investimento sem distorções nas tecnologias, nos serviços e nas matérias-primas necessárias para a transição energética dentro e fora da UE. A UE terá também de continuar a explorar o seu potencial de expansão da inovação, a fim de evitar o risco de aumentar a sua dependência de outras grandes economias relativamente às tecnologias importadas necessárias na transição energética e na nova arquitetura do sistema energético.

2.4 O cenário do financiamento da inovação na UE¹¹³

As soluções das tecnologias relacionadas com o clima¹¹⁴ estão a promover a competitividade e a soberania tecnológica da UE. Juntamente com a adoção de tecnologias de

¹⁰⁷ COM(2020) 628 final («Um novo EEI para a Investigação e a Inovação»).

¹⁰⁸ Já está disponível um novo guia sobre a valorização dos resultados do Horizonte Europa em: <https://data.europa.eu/doi/10.2826/437645>.

¹⁰⁹ <http://mission-innovation.net/>. Após os primeiros cinco anos de sucesso, a MI 2.0 foi lançada com um novo conjunto de «missões».

¹¹⁰ JOIN(2021) 30 final («Global Gateway»), Comunicação Conjunta da Comissão Europeia e do Alto Representante da União para os Negócios Estrangeiros e a Política de Segurança ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu, ao Comité das Regiões e ao Banco Europeu de Investimento.

¹¹¹ COM(2021) 66 final («Revisão da Política Comercial – Uma política comercial aberta, sustentável e decisiva»).

¹¹² Parceria para uma transição energética justa com a África do Sul (europa.eu).

¹¹³ A análise apresentada nesta secção baseia-se nos dados da PitchBook. Atualmente, a PitchBook identifica mais de 2 750 sociedades de capital de risco no mercado vertical no domínio das tecnologias relacionadas com o clima (em comparação com mais de 2 250 no momento da publicação da edição de 2021 do relatório sobre os progressos em matéria de competitividade). Por conseguinte, os números relativos ao investimento passado de capital de risco constantes dos relatórios sobre os progressos em matéria de competitividade de 2020 e 2021 não são diretamente comparáveis.

¹¹⁴ O mercado vertical das empresas no domínio das tecnologias relacionadas com o clima da PitchBook é formado por um conjunto de 2 760 empresas que estão a desenvolver tecnologias destinadas a ajudar a atenuar os efeitos das alterações climáticas ou a adaptação aos mesmos. A maior parte das empresas neste mercado vertical concentra-se na atenuação do aumento das emissões através de tecnologias e processos de descarbonização. Os domínios de aplicação industrial neste mercado vertical incluem a produção de energias renováveis, o armazenamento de energia de longa duração, a eletrificação dos transportes, inovações agrícolas, a melhoria dos processos industriais, e tecnologias mineiras.

produção com maior maturidade, terão um papel crucial na consecução da neutralidade carbónica até 2050¹¹⁵.

Nos últimos seis anos, o domínio das tecnologias relacionadas com o clima da UE atraiu um volume crescente de investimento de capital de risco (CR)¹¹⁶, que está na vanguarda da inovação. As tecnologias relacionadas com o clima podem exigir longos tempos de espera até atingirem a maturidade, pelo que é essencial dispor de um montante significativo de capital ao longo do ciclo de vida do financiamento das empresas em fase de arranque, de investimentos em I&I¹¹⁷, de uma ação do Estado no sentido de diminuir o risco do desenvolvimento de soluções das tecnologias relacionadas com o clima, e de mais incentivos à participação do setor privado.

A nível mundial, o investimento de CR no **domínio do clima** demonstrou uma resiliência impressionante à pandemia, apresentando níveis de investimento mais elevados já em 2020 (20,2 mil milhões de EUR) e novos máximos históricos em 2021 (40,5 mil milhões de EUR, um aumento de 100 % em relação a 2020¹¹⁸). Dentro deste valor, as empresas em fase de arranque e em expansão no domínio das tecnologias relacionadas com o clima sediadas na UE atraíram 6,2 mil milhões de EUR de investimento de CR em 2021, mais do dobro do nível de 2020¹¹⁹, o que representa 15,4 % do investimento mundial de CR em tecnologias relacionadas com o clima. 2021 foi também o primeiro ano em que os investimentos realizados em fases posteriores em empresas no domínio das tecnologias relacionadas com o clima sediadas na UE foram mais elevados do que na China¹²⁰. No entanto, em 2021, o investimento na fase inicial atingiu novos máximos nos EUA e na China, tendo atingido um pico na UE (Figura 6).

¹¹⁵ A secção foi desenvolvida em estreita colaboração com o Observatório de Tecnologias de Energia Limpa da Comissão Europeia: Georgakaki, A. *et al*, *Clean Energy Technology Observatory: Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union – 2022 Status Report* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, JRC131001.

¹¹⁶ As transações de capital de risco são definidas como transações na fase inicial (incluindo pré-semente, aceleração/incubação, anjo, semente, séries A e B que ocorrem no prazo de cinco anos a contar da data de constituição da empresa) e transações em fases de desenvolvimento mais avançadas (normalmente, rondas de série B a Z+ e/ou que ocorrem mais de cinco anos após a data de constituição da empresa, séries não divulgadas e crescimento/expansão de participações privadas).

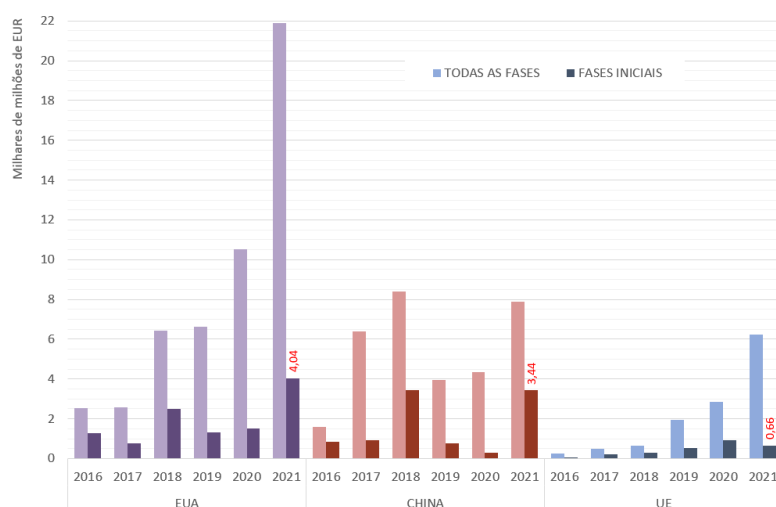
¹¹⁷ Tal dá origem à noção de empresas em fase de arranque com longos ciclos de I&D (*deep-green start-ups*, ou seja, empresas em fase de arranque que utilizam tecnologias de ponta para dar resposta a desafios ambientais, como o fabrico de baterias verdes e aeronaves elétricas). As empresas em fase de arranque com grandes ciclos de I&D (*deep green*) estão na interseção entre as empresas em fase de arranque no domínio das tecnologias relacionadas com o clima (*climate tech*) e as de tecnologia profunda (*deep tech*, empresas que aplicam descobertas científicas nos domínios da engenharia, matemática, física e medicina. São caracterizadas por longos ciclos de I&D e modelos de negócio não testados).

¹¹⁸ Tal representa 5,2 % do financiamento total de CR em 2021, de acordo com a análise do JRC com base nos dados da PitchBook (4,6 % em 2020).

¹¹⁹ COM(2021) 952 final («Progressos em matéria de competitividade das tecnologias energéticas limpas»).

¹²⁰ Nos últimos anos, os investimentos únicos na Northvolt, uma empresa sueca de baterias para VE, têm tido um impacto significativo nas tendências globais de investimento de CR nas empresas da UE no domínio das tecnologias relacionadas com o clima. Em 2021, à medida que a empresa transitava para fases de investimento posteriores, os investimentos iniciais em empresas da UE no domínio das tecnologias relacionadas com o clima diminuíram, ao passo que os investimentos em fases posteriores aumentaram, atingindo pela primeira vez um valor superior ao comunicado na China.

Figura 6: Investimentos de capital de risco em empresas em fase de arranque e em expansão no domínio das tecnologias relacionadas com o clima



Fonte: Análise do JRC com base nos dados da PitchBook.

Em 2021, o **domínio da energia** representou 22 % dos investimentos mundiais de CR em tecnologias relacionadas com o clima (a produção de energia limpa¹²¹ e as tecnologias de rede¹²² representaram 13,2 % e 8,7 %, respetivamente). Com níveis quase quatro vezes superiores (x 3,8) ao de 2020¹²³, o domínio da energia continua atrás do domínio da mobilidade e dos transportes (46 %), mas ultrapassou, pela primeira vez, o domínio da alimentação e utilização dos solos (19,6 %).

Na UE, os investimentos de CR em empresas do setor da energia confirmaram o crescimento sustentado que se registou nos últimos quatro anos (um aumento de 60 % em relação a 2020). Apesar deste bom desempenho, a percentagem relativa dos investimentos de CR da UE em energia diminuiu para metade em 2021. Com 10 % do investimento de CR em empresas do setor da energia, a UE ocupa o terceiro lugar, muito atrás dos EUA (62 %) e da China (13,3 %), que apresentaram níveis de investimento notáveis em 2021, impulsionados por meganegócios na produção de energia limpa.

Apesar da dinâmica positiva do financiamento de CR na UE e da atração das tecnologias relacionadas com o clima sediadas na UE para os investidores de CR, os entraves estruturais e os desafios societários¹²⁴ continuam a travar as empresas em expansão no domínio das tecnologias relacionadas com o clima sediadas na UE, em comparação com outras grandes economias. No entanto, a taxonomia da UE para as atividades sustentáveis proporciona um enquadramento para facilitar o investimento sustentável e apresenta a definição de atividades

¹²¹ Incluindo a energia solar, eólica, nuclear, a produção de energia a partir de resíduos, a energia oceânica e hidroelétrica e a energia geotérmica.

¹²² Incluindo o armazenamento de energia de longa duração, a gestão de redes, a análise, a tecnologia das baterias, as redes inteligentes e a produção de hidrogénio limpo.

¹²³ Os investimentos em tecnologias de produção de energia limpa são o principal motor deste crescimento. Impulsionados por investimentos elevados significativos na fusão nuclear nos EUA e na energia eólica na China, aumentaram 2,4 vezes mais rapidamente do que os investimentos em tecnologias de rede e os investimentos de CR em tecnologias relacionadas com o clima em geral.

¹²⁴ COM(2020) 953 final («Relatório sobre os progressos realizados no domínio da competitividade das fontes de energia limpas») e COM(2022) 332 final («Uma nova Agenda Europeia para a Inovação»).

económicas sustentáveis do ponto de vista ambiental. Além disso, a política de inovação da UE expandiu-se ao longo dos anos e o panorama institucional mudou de igual forma¹²⁵.

O pilar III do Horizonte Europa sobre uma «Europa Inovadora» disponibilizou instrumentos para apoiar as empresas em fase de arranque, as empresas em expansão e as pequenas e médias empresas (PME). Neste contexto, o Conselho Europeu da Inovação (CEI), com o seu orçamento de 10,1 mil milhões de EUR entre 2021 e 2027, é o programa de inovação emblemático da UE para identificar, desenvolver e expandir tecnologias inovadoras e inovações revolucionárias. O programa Horizonte Europa também apoia a iniciativa Ecossistemas Europeus de Inovação e o Instituto Europeu de Inovação e Tecnologia (EIT). A InnoEnergy do EIT construiu o maior ecossistema de inovação energética sustentável do mundo, e está também a liderar a transição para uma UE descarbonizada até 2050 através da liderança de três cadeias de valor industriais (a Aliança Europeia para as Baterias, o Centro Europeu de Aceleração de Hidrogénio Verde e a Iniciativa Solar Europeia).

No que respeita aos **programas de financiamento da UE**, o Fundo de Inovação é um dos maiores do mundo¹²⁶ na demonstração de tecnologias limpas inovadoras e na sua implantação à escala industrial. O programa InvestEU é um elemento importante do plano de recuperação da UE, apoiando o acesso a financiamento e a sua disponibilidade para as PME, empresas de média capitalização e outras. A política de coesão proporciona investimentos de grande escala e longo prazo, especialmente para as PME, em inovação e nas cadeias de valor industriais, a fim de impulsionar o desenvolvimento de tecnologias e modelos de negócios renováveis e hipocarbónicos. Além disso, o Banco Europeu de Investimento (BEI) e o Fundo Europeu de Investimento (FEI) apoiam de forma eficaz o desenvolvimento das empresas de forte pendor tecnológico de que a UE necessita para atingir os objetivos no domínio da sustentabilidade. Outros programas de financiamento, como o Fundo de Modernização e o Fundo Social para o Clima proposto¹²⁷, visam ajudar a canalizar as receitas das políticas relacionadas com o clima a fim de apoiar a transição energética.

Estes programas e outras iniciativas da UE, como a União dos Mercados de Capitais (UMC)¹²⁸, visam mobilizar mais os investidores privados para o financiamento das empresas em fase de arranque no domínio das tecnologias relacionadas com o clima¹²⁹ e de tecnologia profunda relacionadas com o clima. Por exemplo, a parceria pioneira entre a Comissão Europeia e o programa Breakthrough Energy Catalyst¹³⁰ constitui outro exemplo de como impulsionar os investimentos em tecnologias climáticas essenciais, reunindo os setores público e privado.

A criação de sinergias entre os programas e instrumentos da UE e o aumento da coesão entre os ecossistemas de inovação locais da UE podem ajudar a UE a tornar-se líder mundial no

¹²⁵ COM(2022) 332 final («Uma nova Agenda Europeia para a Inovação»).

¹²⁶ 38 mil milhões de EUR de apoio entre 2020 e 2030, tendo por base um preço do carbono de 75 EUR/tCO₂.

¹²⁷ https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/social-climate-fund_en.

¹²⁸ https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/capital-markets-union_pt.

¹²⁹ As empresas emergentes de tecnologia profunda (*deep-tech start-ups*) assentam no conhecimento científico e têm geralmente longos ciclos de I&D e modelos de negócios não testados. As empresas emergentes de tecnologia profunda relacionadas com o clima (*deep-climate-tech start-ups*) são empresas que usam tecnologia de ponta para dar resposta aos desafios ambientais.

¹³⁰ Parceria da Comissão e do Breakthrough Energy Catalyst (europa.eu); https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_2746.

domínio das tecnologias relacionadas com o clima, corrigindo assim o atraso da UE face a outras grandes economias no que respeita à capacidade de expansão das empresas, tirando partido da diversidade dos seus talentos, dos seus ativos intelectuais e das suas capacidades industriais. O Painel Europeu da Inovação de 2022¹³¹ salienta a importância de criar um ecossistema de inovação pan-europeu, e a comunicação da Comissão de 2022 intitulada «Uma nova Agenda Europeia para a Inovação»¹³² representa já um passo em frente, uma vez que visa explorar os pontos fortes do ecossistema de inovação da UE¹³³.

2.5 Impactos da mudança sistémica

Para alcançar a dupla transição ecológica e digital e concretizar os objetivos do Pacto Ecológico Europeu e do pacote Objetivo 55, o setor da energia limpa da UE tem de acelerar uma mudança de paradigma já em curso: a necessidade de eliminar a compartimentação entre setores e de reforçar a cooperação em domínios horizontais (por exemplo, o papel fundamental das matérias-primas, a digitalização do sistema energético e a interação das diferentes tecnologias nos processos industriais, nos edifícios individuais e nas cidades). Exemplos desta transformação sistémica incluem: tecnologias de energia limpa relacionadas com os edifícios; digitalização do sistema energético; e comunidades de energia e cooperação infranacional.

Tecnologias de energia limpa relacionadas com os edifícios: a obrigatoriedade de instalações solares fotovoltaicas nas coberturas dos edifícios e a duplicação da atual taxa de implantação de bombas de calor individuais¹³⁴ contribuirão para alcançar as metas em matéria de clima e energia. A consecução destas metas exigirá também que o setor da construção integre um vasto conjunto de soluções complementares para os novos edifícios, como métodos de isolamento e sistemas de controlo eficientes, mas também medidas eficientes em termos de recursos. Tal deve ser acompanhado pelo aumento da taxa de renovação e pela promoção da renovação profunda. O armazenamento de energia no local (baterias) é outro elemento importante para permitir percentagens mais elevadas de bombas de calor e evitar picos extremos na produção e transporte/distribuição de eletricidade. Além da disponibilidade de produtos, as competências em termos de instalação e os serviços operacionais para as diferentes tecnologias são cruciais para os setores da energia limpa da UE e para a sua competitividade.

Digitalização do sistema energético: a digitalização está a expandir-se exponencialmente: só nos últimos cinco anos, o tráfego na Internet triplicou, e cerca de 90 % dos dados no mundo de hoje foram criados nos últimos dois anos¹³⁵. A descentralização da energia, tanto ao nível da produção como através dos milhões de aparelhos inteligentes conectados, bombas de calor

¹³¹ Comissão Europeia, Painel Europeu da Inovação de 2022, Relatório Anual, 2022.

¹³² COM(2022) 332 final («Uma nova Agenda Europeia para a Inovação»).

¹³³ A comunicação afirma que a UE tomará medidas concretas para melhorar o acesso ao financiamento para as empresas da UE em fase de arranque e em expansão; melhorar as regras para permitir que os inovadores experimentem novas ideias; ajudar a criar «vales regionais de inovação»; atrair e reter talentos na UE; e melhorar a conceção de políticas de inovação através de terminologia, indicadores e conjuntos de dados claros, bem como o apoio às políticas dos Estados-Membros.

¹³⁴ COM(2022) 230 («Plano REPowerEU»).

¹³⁵ Agência Internacional de Energia, *Digitalization and Energy* (não traduzido para português), 2017, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf>.

e automóveis elétricos, está a transformar o sistema energético local. Uma avaliação para Hamburgo (Alemanha) indicou um potencial significativo de poupança de custos: investir 2 milhões de EUR em carregamento inteligente para diminuir os picos na procura pode evitar a necessidade de investir 20 milhões de EUR no reforço necessário da rede de abastecimento para cobrir uma quota de 9 % de veículos elétricos na cidade¹³⁶. Sem uma gestão inteligente das necessidades energéticas locais, os limites de capacidade das redes de distribuição podem atrasar a transformação com vista à energia limpa. No entanto, algumas soluções digitais podem aumentar o consumo de energia e as emissões de gases com efeito de estufa sem medidas de eficiência adequadas, como a recuperação do calor residual dos centros de dados.

Comunidades de energia e cooperação infranacional: pelo menos dois milhões de cidadãos europeus participaram em mais de 8 400 comunidades de energia e realizaram mais de 13 000 projetos desde o ano 2000¹³⁷. As comunidades de energia representam um importante banco de ensaio e campo de aplicação para as tecnologias e soluções de energia limpa. Estima-se que a potência total de fontes renováveis instalada pelas comunidades de energia na Europa seja, atualmente, de pelo menos 6,3 GW (ou seja, cerca de 1 %-2 % da potência instalada a nível nacional). A energia solar fotovoltaica representa a percentagem mais significativa da capacidade instalada, seguida da energia eólica terrestre. O desenvolvimento de modelos participativos para mais tecnologias de energia limpa, destinados, em especial, aos agregados familiares com rendimentos mais baixos, pode levar ao desenvolvimento de mais comunidades de energia na UE e, ao mesmo tempo, contribuir para combater a pobreza energética.

O reforço da interação entre domínios horizontais, tendo simultaneamente em conta as interdependências entre diferentes setores, tanto ao nível dos Estados-Membros como da UE, é fundamental para acelerar a implantação e a expansão das tecnologias de energia limpa e para reforçar a competitividade da UE no mercado mundial da energia limpa¹³⁸.

3. ÊNFASE NAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS E SOLUÇÕES DE ENERGIA LIMPA

A presente secção apresenta a avaliação da competitividade de um conjunto de tecnologias e soluções de energia limpa essenciais para a produção e o armazenamento de energia e a integração do sistema energético. Fornece também informações sobre a forma como a tecnologia e o mercado estão a evoluir para cumprir os objetivos do Pacto Ecológico Europeu e do REPowerEU. Inclui uma análise da energia solar fotovoltaica e eólica, das bombas de calor para instalação em edifícios, das baterias, da produção de hidrogénio por eletrólise, dos combustíveis renováveis e da infraestrutura digital. Apresenta ainda uma panorâmica de outras tecnologias importantes¹³⁹. Esta análise baseada em dados concretos, com base nos

¹³⁶ Stromnetz Hamburg, *Elektromobilität – Netzausbaustrategie und Restriktionen im Hamburger Verteilnetz* (não traduzido para português), Hamburgo, 2018,

<https://www.hamburg.de/contentblob/10993526/1f90214d9b07e4de6323c078ff779d9d/data/d-anlage-13-pra%CC%88sentation-snh-20180504-energienetzbeirat-snh.pdf>.

¹³⁷ Schwanitz, V. J., Wierling, A., Zeiss, J. P., von Beck, C., Koren, I. K., Marcroft, T., e Dufner, S., *The contribution of collective prosumers to the energy transition in Europe – Preliminary estimates at European and country level from the COMETS inventory* (não traduzido para português), agosto de 2021, <https://doi.org/10.31235/osf.io/2ymuh>.

¹³⁸ SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies), *A systemic approach to the energy transition in Europe* (não traduzido para português), Berlim, 2021, <https://doi.org/10.26356/energytransition>.

¹³⁹ Energia hidroelétrica, energia oceânica, energia geotérmica, energia e aquecimento solar de concentração, captura, utilização e armazenamento de dióxido de carbono, bioenergia, energia nuclear.

indicadores constantes do anexo I, foi realizada no âmbito do Observatório de Tecnologias de Energia Limpa (CETO) da Comissão, que é executado pelo Centro Comum de Investigação. Os relatórios aprofundados específicos de cada tecnologia estão disponíveis no sítio Web do CETO¹⁴⁰.

3.1. Energia solar fotovoltaica¹⁴¹

Na última década, a energia solar fotovoltaica foi a tecnologia de produção energética que mais rapidamente cresceu no mundo. Todos os cenários para um sistema energético com impacto neutro no clima¹⁴² atribuem um papel central à energia fotovoltaica. A recente comunicação intitulada «Estratégia da UE para a energia solar»¹⁴³ apela a uma nova capacidade do sistema fotovoltaico de cerca de 450 GWac entre 2021 e 2030. Tendo em conta a atual tendência de instalação de uma capacidade de CC 1,25 a 1,3 vezes superior à capacidade de CA para otimizar a utilização da ligação à rede¹⁴⁴, tal elevaria a capacidade nominal total de energia fotovoltaica na UE para cerca de 720 GWp. A estratégia da UE para a energia solar aborda os principais estrangulamentos e obstáculos ao investimento, com vista a acelerar a implantação, garantir a segurança do abastecimento e maximizar os benefícios socioeconómicos da energia solar fotovoltaica ao longo da cadeia de valor¹⁴⁵. A Aliança da UE para a Indústria Solar Fotovoltaica, uma das iniciativas concretas da estratégia da UE para a energia solar, foi formalmente aprovada pela Comissão em outubro de 2022, e visa expandir as tecnologias de fabrico de produtos e componentes solares fotovoltaicos inovadores¹⁴⁶.

Análise da tecnologia: a eficiência média dos módulos baseados em células de silício aumentou de 15,1 % em 2011 para 20,9 % em 2021¹⁴⁷. Tal deve-se à utilização de bolachas (*wafers*) maiores e de células solares com maior eficiência, incluindo as células multijunção. A Europa possui conhecimentos especializados notáveis e é líder na tecnologia promissora das perovskitas, para a qual várias empresas da UE, como a Evolar (Suécia), a Saule Technologies (Polónia) e a Solaronix (França), estão atualmente a criar linhas de produção.

¹⁴⁰ https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en.

¹⁴¹ Análise baseada em dados concretos do CETO (Chatzipanagi, A. *et al*, *Clean Energy Technology Observatory: Photovoltaics in the European Union 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, doi: 10.2760/812610 JRC130720), salvo indicação em contrário.

¹⁴² Em especial, os cenários projetados por organizações não governamentais como a Greenpeace, o Energy Watch Group, a Bloomberg New Energy Finance, a Agência Internacional de Energia, a Agência Internacional para as Energias Renováveis, bem como as associações da indústria solar fotovoltaica.

¹⁴³ COM(2022) 221 final («Estratégia da UE para a energia solar»).

¹⁴⁴ Kougias I. *et al*, *The role of photovoltaics for the European Green Deal and the recovery plan* (não traduzido para português), 2021, (doi: [10.1016/j.rsres.2021.111017](https://doi.org/10.1016/j.rsres.2021.111017)). CA: corrente alternada; CC: corrente contínua.

¹⁴⁵ As ações emblemáticas anunciadas na estratégia da UE para a energia solar incluem a iniciativa europeia para a produção de energia solar nas coberturas de edifícios; o Pacote da Comissão em matéria de licenciamento – incluindo a proposta legislativa, recomendações e orientações; a parceria europeia de competências em grande escala para as energias renováveis em terra, incluindo a energia solar; e a aliança da UE para a indústria solar fotovoltaica. Em particular, a iniciativa europeia para a produção de energia solar nas coberturas de edifícios tornaria a instalação de energia solar nas coberturas obrigatória para i) todos os edifícios públicos e comerciais novos com uma área útil de pavimento superior a 250 m², até 2026; ii) todos os edifícios públicos e comerciais existentes com uma área útil de pavimento superior a 250 m², até 2027; iii) todos os novos edifícios residenciais, até 2029. Espera-se que a combinação destas medidas aumente significativamente o investimento em ativos fotovoltaicos, bem como as capacidades de produção de energia solar fotovoltaica na UE.

¹⁴⁶ https://ec.europa.eu/info/news/commission-kicks-work-european-solar-photovoltaic-industry-alliance-2022-oct-11_en.

¹⁴⁷ VDMA, *International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV)* (não traduzido para português) 2022.

A estratégia da UE para a energia solar¹⁴⁸ visa inverter a tendência decrescente observada no financiamento público e privado na indústria solar fotovoltaica¹⁴⁹. No entanto, a UE continua a ser um forte inovador neste domínio, tendo-se registado um número significativo de publicações e pedidos de patentes em 2017-2019. A Alemanha, sozinha, ocupa o quinto lugar a nível mundial no que respeita ao registo de patentes de invenções de elevado valor na energia solar fotovoltaica.

Análise da cadeia de valor: tanto os dados relativos à produção como os novos projetos de investimento confirmam a posição dominante da Ásia, e em especial da China, no panorama da produção de energia solar fotovoltaica. Toda a capacidade de produção adicional de polissilício de 80 000 t anunciada no início de 2021 (a acrescentar a uma capacidade total de ~650 000 t em 2020), bem como as 118 000 toneladas já em construção, está a ser construída na China¹⁵⁰. As células solares de silício, produzidas principalmente na China, representam mais de 95 % da produção mundial. No entanto, a UE retém uma percentagem considerável dos segmentos de fabrico de equipamentos de produção (50 %) e de inversores (15 %) da cadeia de valor da energia solar.

Análise do mercado mundial: o investimento mundial em nova produção de energia solar aumentou 19 % em 2021, atingindo 205 mil milhões de USD (242,5 mil milhões de EUR¹⁵¹). No entanto, em 2021 assistiu-se a uma nova deterioração da balança comercial da UE, uma vez que as suas importações aumentaram enquanto as exportações se mantiveram estáveis, representando 13 % das exportações mundiais. Os custos mais elevados dos materiais registados em muitos setores industriais em 2021 e 2022 levaram a um aumento excepcional e sem precedentes dos custos de produção das células e dos módulos, invertendo a tendência de redução dos custos da última década. No entanto, a competitividade da energia solar fotovoltaica continuou a melhorar em comparação com as fontes de eletricidade não renováveis¹⁵². Por conseguinte, o número de países em que a produção de eletricidade fotovoltaica é a fonte mais barata está a aumentar. O aumento dos preços dos combustíveis fósseis devido a catástrofes naturais, acidentes ou conflitos internacionais só pode reforçar esta tendência.

Em conclusão, os últimos dados disponíveis para 2021 e 2022 confirmam a tendência anteriormente observada¹⁵³. A UE continua a ser um dos maiores mercados da energia solar fotovoltaica e um forte inovador, especialmente em tecnologias e aplicações solares fotovoltaicas emergentes (como as agrovoltaicas, as fotovoltaicas flutuantes e os sistemas fotovoltaicos integrados nos edifícios). No entanto, está fortemente dependente das

¹⁴⁸ Visa, em particular, desenvolver uma iniciativa emblemática de I&I no domínio da energia solar no próximo programa de trabalho do Horizonte Europa, estabelecer um pilar de I&I na Aliança da UE para a Indústria Solar Fotovoltaica proposta, e desenvolver uma agenda comum de I&I no domínio da energia solar com os Estados-Membros no âmbito do Espaço Europeu da Investigação.

¹⁴⁹ Últimos dados disponíveis para 2018 e 2019.

¹⁵⁰ Jäger-Waldau, Arnulf (2022) «Overview of the Global PV Industry», em: Letcher, Trevor M. (eds.) *Comprehensive Renewable Energy* (não traduzido para português), 2.ª edição, vol. 1, p. 130–143. Oxford: Elsevier. Doi. 10.1016/B978-0-12-819727-1.00054-6.

¹⁵¹ Utilizando a taxa de câmbio média de 1,1827 EUR para 1 USD ao longo de 2021. Ver https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

¹⁵² Tal deve-se ao facto de os preços do gás natural, do petróleo e do carvão terem aumentado muito mais rapidamente durante o mesmo período. Ver <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-may-2022>.

¹⁵³ COM(2021) 952 final («Progressos em matéria de competitividade das tecnologias energéticas limpas»).

importações provenientes da Ásia para vários componentes essenciais (bolachas, lingotes, células e módulos), e mantém uma presença significativa apenas nos segmentos de fabrico de equipamentos de produção e de inversores (que enfrentam atualmente um estrangulamento devido à escassez de circuitos integrados¹⁵⁴). Os estrangulamentos adicionais devidos a limitações de acessibilidade de preços (especialmente para os agregados familiares de baixos rendimentos e as PME) e os tempos de espera excessivamente longos (por exemplo, associados a instaladores fotovoltaicos pouco qualificados) estão já a afetar a grande implantação da energia fotovoltaica. As medidas e ações emblemáticas anunciadas na estratégia da UE para a energia solar proporcionam as principais oportunidades para investir em ativos fotovoltaicos e desenvolver as capacidades de produção fotovoltaica na UE, bem como para diversificar as importações. Paralelamente, os progressos tecnológicos contínuos no sentido de conceções e processos de fabrico de células mais eficientes e sustentáveis permitiram melhorar a competitividade das tecnologias fotovoltaicas em comparação com as fontes de energia não renováveis, mesmo apesar do aumento dos custos das matérias-primas. Estes elementos reforçam os argumentos comerciais para impulsionar a produção e a implantação na UE, incluindo aplicações inovadoras.

3.2. Energia eólica marítima e terrestre¹⁵⁵

A energia eólica desempenha um papel central na política climática e energética da UE, uma vez que a aceleração da sua implantação é essencial para cumprir os objetivos do Pacto Ecológico Europeu, do pacote Objetivo 55 e do REPowerEU. O REPowerEU apela a uma instalação mais rápida das capacidades de energia eólica, com 510 GW de energia eólica a instalar até 2030¹⁵⁶, o que deverá corresponder a uma quota de 31 % das capacidades instaladas de produção de energia na UE¹⁵⁷.

A UE tem sido líder mundial no domínio da I&I em energia eólica desde 2014, com uma despesa pública de 883 milhões de EUR no período 2014-2021, acolhendo atualmente 38 % de todas as empresas inovadoras, com o maior grupo de empresas em fase de arranque e inovadoras. Contudo, em 2021, foram instalados na UE apenas 11 GW de energia eólica (10 GW de energia eólica terrestre; 1 GW de energia eólica marítima), e as perspetivas para 2022 ainda estão abaixo do ritmo necessário para alcançar as metas do REPowerEU. Atualmente, a China lidera em termos de instalações acumuladas de energia eólica, com uma capacidade de 338 GW, principalmente devido ao aumento das taxas de implantação em 2021. No mesmo ano, a UE atingiu cerca de 190 GW de potência instalada acumulada.

Para cumprir os objetivos REPowerEU, a aceleração da implantação da energia eólica será crucial e exigirá reservas de investimento claras e a conversão de objetivos políticos em

¹⁵⁴ *EU Chips survey report* (não traduzido para português). [European Chips Report \(Relatório sobre circuitos integrados da UE\) | Mercado Interno, Indústria, Empreendedorismo e PME \(europa.eu\)](#).

¹⁵⁵ Análise baseada em dados concretos do CETO [Telsnig, T. *et al*, *Clean Energy Technology Observatory: Wind Energy in the European Union – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, doi:10.2760/855840, JRC130582.], salvo indicação em contrário.

¹⁵⁶ SWD(2022) 230 final (*Implementing the REPower EU Action plan: investment needs, hydrogen accelerator and achieving the bio-methane targets*) (não traduzido para português). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230&from=EN>.

¹⁵⁷ SWD (2022) 230 final (De acordo com as projeções do modelo PRIMES da capacidade líquida de energia instalada no REPowerEU em 2030, figura 3: Capacidade líquida instalada no REPowerEU em 2030 (GWe). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230&from=EN>.

medidas de execução efetivas, incluindo a adoção de compromissos para facilitar a concessão de licenças para os parques eólicos.

Análise da tecnologia: em 2021, a potência de energia eólica terrestre total instalada a nível mundial era de 769 GW, quase três vezes mais do que uma década antes¹⁵⁸, com uma potência instalada de 72 GW só em 2021. 2021 foi também um ano recorde para a energia eólica marítima, com 21 GW de nova potência instalada a nível mundial, mais do que triplicando o recorde anterior de 2020. A potência total instalada a nível mundial representou 55 GW em 2021¹⁵⁹. A China liderou o aumento da potência instalada a nível mundial, com 30,6 GW de potência de energia eólica terrestre e 16,9 GW de potência de energia eólica marítima instalada em 2021.

No final de 2021, a UE tinha uma potência total de energia eólica terrestre instalada de 173 GW e uma potência total de energia eólica marítima instalada de cerca de 16 GW. A potência total de energia eólica foi equivalente a cerca de 14 % do consumo total de eletricidade da UE. O ano de 2021 registou também a segunda maior contribuição anual da capacidade eólica terrestre da UE desde 2010 (implantação anual de 10 GW¹⁶⁰); no entanto, a implantação de energia eólica marítima foi de apenas 1 GW¹⁶¹. Os intervenientes do setor destacam a concessão de licenças como um dos principais estrangulamentos à implantação contínua e maciça da energia eólica, dado que causa atrasos e menos projetos concluídos, o que, por sua vez, exerce pressão na rentabilidade da cadeia de abastecimento. A Comissão apresentou propostas legislativas e orientações para acelerar o licenciamento no âmbito do pacote REPowerEU.

Análise da cadeia de valor: o setor da energia eólica evoluiu para uma indústria mundial com cerca de 800 instalações de produção. A maioria situa-se na China (45 %) e na Europa (31 %)¹⁶². A UE manteve a liderança em termos de patentes de elevado valor no domínio das tecnologias da energia eólica: a sua percentagem de invenções de elevado valor foi de 59 % em 2017-2019. Os fabricantes de turbinas da UE continuam a liderar em termos de qualidade, desenvolvimento tecnológico e investimento em I&I. A indústria eólica da UE também tem elevadas capacidades de produção de componentes de elevado valor acrescentado (como torres, multiplicadores e pás), bem como de dispositivos que também podem ser utilizados por outros setores industriais (como geradores, conversores de energia e sistemas de controlo). As fontes de abastecimento dos componentes da cadeia de valor da produção da UE para a energia eólica marítima são principalmente fabricantes da UE. Em contrapartida, no caso da energia eólica terrestre, os fabricantes de equipamento de origem (OEM) da UE adquirem os seus componentes a vários fornecedores estrangeiros.

Muitas das matérias-primas para os produtores são importadas principalmente da China. As potenciais dificuldades em aumentar a produção de matérias-primas para alcançar as metas para 2030 podem colocar desafios à indústria eólica da UE. O aumento dos preços dos

¹⁵⁸ *Renewable Capacity Statistics 2022* (não traduzido para português), IRENA, Abu Dabi, 2002.

¹⁵⁹ *Renewable Capacity Statistics 2022* (não traduzido para português), IRENA, Abu Dabi, 2002.

¹⁶⁰ *Wind Energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026* (não traduzido para português), WindEurope, Bélgica, 2022.

¹⁶¹ *Wind Energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026* (não traduzido para português), WindEurope, Bélgica, 2022.

¹⁶² Seguinda da Índia (7 %), do Brasil (5 %) e da América do Norte (4,5 %). Ver também: WindEurope/Wood Mackenzie, *Wind energy and economic recovery in Europe* (não traduzido para português), Bélgica, 2020.

recursos em 2021 e as incertezas do abastecimento também constituem um obstáculo. A indústria também manifestou preocupações ambientais no que respeita à reciclagem das pás das turbinas eólicas em material compósito. Por conseguinte, tanto os programas de investigação nacionais como os da UE no domínio da energia eólica se centram cada vez mais na circularidade.

Análise do mercado mundial: ao longo da última década, a UE manteve uma balança comercial positiva com o resto do mundo, variando entre 1,8 mil milhões de EUR e 2,8 mil milhões de EUR. No entanto, desde 2018, regista balanças comerciais negativas com a China e a Índia. Em 2020, os OEM chineses ultrapassaram pela primeira vez os seus homólogos da UE em termos de quota de mercado mundial. No entanto, os principais mercados da UE acolhem um número substancial de fabricantes internos¹⁶³.

Em conclusão, o setor da energia eólica da UE continua a ser líder mundial em termos de I&I e de patentes de elevado valor. Tal deve-se à capacidade de produção, à mão de obra e às competências de que dispõe. No entanto, a indústria terá de mais do que duplicar a atual taxa anual de instalação de capacidade na UE, a fim de alcançar as metas para 2030.

A aplicação da Diretiva Energias Renováveis¹⁶⁴, a recente proposta para a sua alteração¹⁶⁵, bem como a respetiva recomendação e orientações da Comissão de 2022¹⁶⁶, deverão permitir ultrapassar os principais obstáculos à implantação relacionados com as licenças. Uma indicação clara e prévia dos planos de instalação eólica dos Estados-Membros permitirá também a preparação atempada de capacidades futuras. Paralelamente, a I&I em matéria de circularidade fará avançar a indústria, dando resposta às preocupações ambientais e às perturbações do abastecimento, e melhorando assim a competitividade do setor da energia eólica da UE.

3.3. Bombas de calor para instalação em edifícios

A nível da UE, as bombas de calor são cada vez mais apoiadas no âmbito do Pacto Ecológico Europeu, do pacote Objetivo 55 e do plano REPowerEU¹⁶⁷. O plano REPowerEU apela a uma duplicação da atual taxa de implantação de bombas de calor individuais, que resultaria numa implantação total de 10 milhões de bombas de calor nos próximos cinco anos e de 30 milhões até 2030, e que seria acompanhada pela expansão da capacidade de produção da UE. Apela também a uma implantação mais rápida de grandes bombas de calor nas redes de aquecimento e arrefecimento urbano. A implantação conjunta generalizada de energia solar fotovoltaica (e térmica) nas coberturas dos edifícios e de bombas de calor, com controlos inteligentes que respondam à carga da rede e aos sinais de preços, contribuiria para a descarbonização do aquecimento e reduziria os desafios da integração na rede.

¹⁶³ WindEurope/Wood Mackenzie, *Wind energy and economic recovery in Europe* (não traduzido para português), 2020.

¹⁶⁴ JO L 328 de 21.12.2018. Diretiva (UE) 2018/2001, de 11 de dezembro de 2018, relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis.

¹⁶⁵ COM(2021) 557 final [«Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho que altera a Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho, o Regulamento (UE) 2018/1999 do Parlamento Europeu e do Conselho e a Diretiva 98/70/CE do Parlamento Europeu e do Conselho no respeitante à promoção de energia de fontes renováveis e que revoga a Diretiva (UE) 2015/652 do Conselho»].

¹⁶⁶ SWD(2022) 149 final («Orientações destinadas aos Estados-Membros sobre boas práticas para acelerar os procedimentos de licenciamento de projetos no domínio das energias renováveis»).

¹⁶⁷ COM(2022) 230 final («Plano REPowerEU»).

Análise da tecnologia: as bombas de calor para instalação em edifícios são produtos disponíveis comercialmente. Podem ser classificadas de acordo com a fonte de onde extraem energia térmica (ar, água ou solo), o meio para o qual transferem calor (ar ou água), a sua finalidade (refrigeração ou aquecimento ambiente, aquecimento de água para uso doméstico) e os segmentos de mercado (edifícios comerciais ou residenciais, e redes).

No que respeita às bombas de calor que são principalmente utilizadas para o aquecimento ambiente e de água sanitária, o parque instalado neste setor atingiu quase 17 milhões de unidades na Europa no final de 2021, enquanto as vendas atingiram 2,18 milhões de unidades em 2021, uma taxa de crescimento anual composta de 17 % nos últimos cinco anos, e de 20 % nos últimos três anos¹⁶⁸.

As atividades de I&I para as bombas de calor individuais são estimuladas pela procura de unidades mais eficientes, compactas e silenciosas; intervalos de funcionamento mais amplos para a temperatura ambiente; digitalização para uma integração ótima com as redes de energia; e produção e armazenamento de energia a nível local. São também impulsionadas pela evolução da regulamentação da UE para uma maior eficiência energética e um menor impacto ambiental ao longo do ciclo de vida, incluindo a circularidade dos materiais e os fluidos refrigerantes com baixo potencial de aquecimento global (PAG). A I&I em matéria de bombas de calor comerciais aborda, por exemplo, a integração do abastecimento simultâneo de calor e frio com armazenamento térmico.

A posição da UE em matéria de I&I é forte e tem vindo a melhorar. A UE lidera em patentes para bombas de calor «destinadas principalmente a aquecimento» para instalação em edifícios. No período 2017-2019, 48 % das patentes para «invenções de elevado valor» foram registadas na UE, seguindo-se o Japão (12 %), os EUA (8 %), a Coreia (7 %) e a China (5 %)¹⁶⁹. Em 2014-2022, o Horizonte 2020 disponibilizou um total de 277 milhões de EUR de financiamento para projetos sobre bombas de calor para instalação em edifícios.

Análise da cadeia de valor: o volume de negócios das atividades de fabrico, instalação e manutenção de bombas de calor na UE ascendeu a 41 mil milhões de EUR em 2020, tendo aumentado a uma taxa média anual de 21 % nos últimos três anos. Os empregos diretos e indiretos ascenderam a 318 800 em 2020, o que representa um crescimento médio anual de 18 % nos últimos três anos. Estes dados incluem todos os tipos de bombas de calor, incluindo as bombas de calor ar-ar utilizadas para arrefecimento e/ou aquecimento¹⁷⁰.

As bombas de calor não necessitam de matérias-primas essenciais para a sua produção, mas são afetadas pela atual escassez de semicondutores a nível mundial.

Análise do mercado mundial: na UE, a cadeia de valor das bombas de calor «destinadas principalmente a aquecimento» é composta por muitas PME e por alguns grandes intervenientes. A percentagem de bombas de calor importadas está a aumentar, e o défice comercial atingiu 390 milhões de EUR em 2021, em contraste com o excedente de

¹⁶⁸ European Heat Pump Association (EHPA), 2022, <https://www.ehpa.org/market-data/>.

¹⁶⁹ Lyons, L. et al, *Clean Energy Technology Observatory: Heat Pumps in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, JRC130874.

¹⁷⁰ Com base nos dados do EurObserv'ER, 2020.

202 milhões de EUR registado cinco anos antes¹⁷¹. As importações provenientes da China duplicaram em 2021, atingindo 530 milhões de EUR.

Em conclusão, a implantação de bombas de calor já está a avançar rapidamente, mas tem de acelerar ainda mais a fim de cumprir os objetivos REPowerEU. Os fornecedores sediados na UE têm de aumentar a produção a fim de participarem na procura crescente de bombas de calor da UE. Algumas associações industriais argumentam que uma eliminação progressiva mais rápida dos refrigerantes com PAG elevado abrandaria o aumento para aplicações específicas, mas as datas de proibição constantes da proposta de alteração do Regulamento Gases Fluorados¹⁷² foram definidas para dar à indústria tempo suficiente para se adaptar. A falta de instaladores com formação e o elevado custo inicial podem atrasar a implantação na UE.

A indústria está a apelar à criação de uma plataforma «Acelerador de bombas de calor» que reúna a Comissão, os Estados-Membros e o próprio setor. A plataforma seria apoiada por sinais políticos claros e sustentados que criariam confiança no planeamento a longo prazo; assegurariam um quadro regulamentar favorável; reduziriam os custos através de uma maior cooperação e I&I; e desenvolveriam um pacto para as competências centrado nas bombas de calor. No âmbito do plano REPowerEU, a Comissão apoiará os esforços dos Estados-Membros para congregarem os seus recursos públicos através de eventuais projetos importantes de interesse europeu comum (PIIEC) centrados em tecnologias de ponta e na inovação ao longo da cadeia de valor das bombas de calor, e para estabelecerem uma parceria europeia de competências em grande escala no âmbito do pacto para as competências.

3.4. Baterias

As baterias desempenharão um papel crucial na consecução dos objetivos do Pacto Ecológico Europeu e na execução do plano REPowerEU¹⁷³, uma vez que podem reduzir a dependência das importações de combustíveis no setor dos transportes, bem como assegurar a máxima utilização da eletricidade de fontes renováveis e reduzir as restrições. Prevê-se que mais de 50 milhões de veículos elétricos (VE) estejam a circular nas estradas da UE até 2030¹⁷⁴ (com, pelo menos, 1,5 TWh de baterias), bem como mais de 80 GW/160 GWh de baterias estacionárias¹⁷⁵. A UE está gradualmente a avançar para veículos novos de emissões zero até 2035, em consonância com o objetivo de dispor de um parque automóvel com um total de 270 milhões de veículos (na sua maioria elétricos) com taxas nulas de emissões até 2050. A eletromobilidade é o principal motor da procura de baterias. Prevê-se que as baterias de íões de lítio dominem o mercado muito para além de 2030, mas estão a ser desenvolvidas outras tecnologias em paralelo.

¹⁷¹ COMEXT, código 841861.

¹⁷² COM(2022) 150 final [«Proposta de regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho relativo aos gases fluorados com efeito de estufa, que altera a Diretiva (UE) 2019/1937 e que revoga o Regulamento (UE) n.º 517/2014»].

¹⁷³ COM(2022) 230 final («Plano REPowerEU»).

¹⁷⁴ *Policy scenarios for Delivering the European Green Deal* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2021. Disponível em: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_en.

¹⁷⁵ *Policy scenarios for Delivering the European Green Deal* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2021. Disponível em: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_en.

Análise da tecnologia: apesar das perturbações no abastecimento de circuitos integrados e magnésio, a implantação da tecnologia das baterias na UE atingiu níveis históricos: em 2021, foram vendidos 1,7 milhões de VE novos, atingindo 18 % do mercado (em comparação com 3 % em 2019 e 10,5 % em 2020¹⁷⁶), e ultrapassando a China (16 %). As vendas nacionais de VE variaram entre 1,3 % em Chipre e 45 % na Suécia. O mercado de baterias estacionárias da UE também está a crescer rapidamente, prevendo-se que atinja 8 GW/13,7 GWh até ao final de 2022¹⁷⁷. No entanto, é necessária uma maior aceleração para reduzir a dependência das centrais de pico de gás, em consonância com os objetivos do REPowerEU.

Em 2021, o preço médio das baterias diminuiu 6 %, passando para cerca de 116 EUR/kWh¹⁷⁸ no mercado mundial, e para cerca de 150 EUR/kWh no mercado da UE, seguindo uma tendência de longo prazo. No entanto, com o aumento dos preços em 2022 devido a choques do lado da oferta, a tendência está agora a inverter-se (por exemplo, na primavera de 2022, o preço do carbonato de lítio aumentou 974 % em relação a 2021¹⁷⁹). Os conjuntos de baterias estarão, pelo menos, 15 % mais caros em 2022 do que em 2021¹⁸⁰. O custo do sistema de aplicações de íões de lítio à escala da rede foi de cerca de 350 EUR/kWh em 2021¹⁸¹ e, para os sistemas de armazenamento residenciais, praticamente o dobro.

Análise da cadeia de valor: quase toda a produção em série de baterias de íões de lítio da UE em 2021 era ainda realizada por fabricantes asiáticos estabelecidos na UE (Hungria e Polónia). A construção de novas gigafábricas (instalações de produção em massa de células de baterias) significa que a UE (em especial a Alemanha e a Suécia) deverá ganhar gradualmente importância no mercado. No final de 2021, a empresa sueca Northvolt produziu a sua primeira célula de bateria com níquel, manganês e cobalto 100 % reciclados, tendo iniciado as entregas comerciais em 2022. Afirma ainda dispor de um processo de reciclagem altamente eficiente, capaz de recuperar até 95 % dos metais das baterias¹⁸².

Até ao final de 2022, espera-se que a UE atinja uma capacidade de produção instalada superior a 75 GWh¹⁸³ (em comparação com 44 GWh em meados de 2021). Os projetos atualmente em curso mostram que a UE está no bom caminho para satisfazer 69 % da procura de baterias até 2025, e 89 % até 2030¹⁸⁴. Tal deve-se, em grande medida, às iniciativas da Aliança Europeia para as Baterias¹⁸⁵.

¹⁷⁶ Associação dos Construtores Europeus de Automóveis (ACEA), fevereiro de 2022, <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-9-1-hybrid-19-6-and-petrol-40-0-market-share-full-year-2021/>.

¹⁷⁷ *European Market Monitor on Energy Storage, sixth edition (EMMES 6.0)* (não traduzido para português), <https://ease-storage.eu/publication/emmes-6-0-june-2022/>.

¹⁷⁸ BNEF, *Battery Pack Prices Fall to an Average of \$132/kWh* (não traduzido para português), 30 de novembro de 2021. Taxa de câmbio de 0,8826 EUR para 1 USD em 30 de novembro de 2021.

¹⁷⁹ Energy Storage News, *BloombergNEF predicts 30% annual growth for global energy storage market to 2030* (não traduzido para português), 4 de abril de 2022.

¹⁸⁰ AIE, *Global EV outlook 2022* (não traduzido para português), 2022.

¹⁸¹ Com base no webinar de 21 de abril de 2022 da Aurora Energy Research *How high can battery costs get?* (não traduzido para português).

¹⁸² NorthVolt.com, *Northvolt produces first fully recycled battery cell* (não traduzido para português), 12 de novembro de 2021.

¹⁸³ Incluindo a LG Chem (Polónia): 32 GWh; a Samsung SDI (Hungria): 20 GWh; a Northvolt (Suécia): 16 GWh; a SK Innovation (Hungria): 7,5 GWh ([Benchmark Minerals: Europe's EV gigafactory capacity pipeline to grow 6-fold to 789.2 GWh to 2030 – Green Car Congress](#)). Outros produtores, por exemplo a SAFT, a MES e a Leclanché, contribuem com capacidades de menor escala, mas estão a aumentar os seus volumes de produção.

¹⁸⁴ InnoEnergy do EIT, *Contribution for High-Level ministerial meeting on batteries* (não traduzido para português), fevereiro de 2022.

¹⁸⁵ [Aliança Europeia para as Baterias \(europa.eu\)](#).

O segmento das matérias-primas a montante continua a ser o menos resiliente da cadeia de valor das baterias. Apesar de várias iniciativas da UE, o défice de abastecimento de matérias-primas para baterias aumentou em 2021¹⁸⁶. As baterias usadas ainda são, na sua maioria, enviadas para a Ásia para reciclagem¹⁸⁷.

A UE está a avançar rapidamente na tecnologia de iões de lítio (nomeadamente na vertente NMC com melhor desempenho¹⁸⁸), mas demasiado lentamente nas tecnologias de baterias estacionárias baseadas em matérias-primas abundantes (por exemplo, baterias de fluxo e baterias de iões de sódio, sendo que estas últimas têm também um bom potencial para VE, tendo em conta a evolução na China, entre outros fatores). A UE é também mais lenta na adoção de tecnologias mais baratas de fosfato de (iões de) lítio e ferro (LFP), que são cada vez mais utilizadas na Ásia e menos dependentes de matérias-primas essenciais.

Análise do mercado mundial: a China controla 80 % da capacidade mundial de refinação de matéria-prima para baterias de iões de lítio, 77 % da capacidade de produção de células e 60 % da capacidade de produção de componentes de baterias¹⁸⁹. O défice comercial da UE no que respeita às baterias de iões de lítio continuou a aumentar em 2021, atingindo 5,3 mil milhões de EUR¹⁹⁰ (um aumento de 25 % em relação a 2020). A UE leva a cabo cerca de 19 % da produção mundial de VE¹⁹¹, mas tem muito pouco da cadeia de abastecimento a montante (com exceção da transformação de cobalto). A produção e implantação de autocarros elétricos na UE (7 356 autocarros elétricos estavam em circulação no final de 2021) é insignificante quando comparada com a da China, que tem mais de 90 % da frota mundial de 670 000 autocarros elétricos¹⁹².

Em conclusão, a UE está a desenvolver cada vez mais a capacidade tecnológica extremamente necessária de armazenamento mais barato/a longo prazo (por exemplo, tecnologias de iões de sódio, à base de zinco, baterias de fluxo) e é forte nos produtos finais (especialmente na produção e implantação de VE, com exceção do segmento dos autocarros elétricos). Está também a recuperar rapidamente do atraso na produção de células no que respeita à tecnologia de iões de lítio, e encontra-se no bom caminho para se tornar quase autossuficiente na produção de baterias até 2030. Apesar das atuais iniciativas em curso, a falta de produção interna de matérias-primas e de materiais avançados é um problema persistente. A UE pretende intensificar os seus esforços para dar resposta a estes desafios, da extração à refinação, da transformação à reciclagem, por exemplo, com o anunciado ato legislativo europeu sobre as matérias-primas essenciais.

¹⁸⁶ InnoEnergy do EIT, *Contribution for High-Level ministerial meeting on batteries* (não traduzido para português), fevereiro de 2022.

¹⁸⁷ EBA250, o programa de desenvolvimento industrial da Aliança Europeia para as Baterias, <https://www.eba250.com/>.

¹⁸⁸ NMC = Níquel Manganês Cobalto.

¹⁸⁹ Willuhn M., «National lithium-ion battery supply chains ranked» (não traduzido para português), *PV Magazine*, 16 de setembro de 2020.

¹⁹⁰ Dados Comext de 2022.

¹⁹¹ Com base nos dados de produção Prodcom de 2021 para a UE e nos dados da AIE sobre as vendas mundiais de VE em 2021.

¹⁹² Panorama da AIE de 2022 relativo aos VE.

3.5. Produção de hidrogénio renovável por eletrólise da água

O hidrogénio renovável¹⁹³ tem um grande potencial para contribuir para os objetivos da UE em matéria de clima e energia. Pode ser utilizado como combustível em setores difíceis de eletrificar (por exemplo, os transportes pesados e de longa distância), como matéria-prima química (por exemplo, fertilizantes e outros produtos químicos), e em processos industriais (por exemplo, produção de aço ou cimento). Prevê-se que o hidrogénio e os seus derivados representem 12 % do cabaz energético mundial em 2050¹⁹⁴, contudo, o hidrogénio renovável que é obtido por eletrólise da água representa atualmente apenas 0,1 % da produção total da UE.

O REPowerEU reforçou ainda mais os objetivos estratégicos da Estratégia do Hidrogénio para 2020¹⁹⁵, fixando as metas para 2030 para o hidrogénio renovável e hipocarbónico em 10 milhões de toneladas de produção interna e 10 milhões de toneladas de importações (em parte sob a forma de amoníaco). A criação de um Banco Europeu de Hidrogénio acelerará a produção e a utilização de hidrogénio renovável e ajudará a desenvolver as infraestruturas necessárias de forma coordenada¹⁹⁶.

A Comissão e os principais fabricantes de eletrolisadores da UE comprometeram-se a aumentar dez vezes a capacidade de produção de eletrolisadores para 17,5 GW até 2025¹⁹⁷. Além disso, os PRR dos Estados-Membros afetam cerca de 10,6 mil milhões de EUR às tecnologias de hidrogénio e, em 2022 (julho e setembro), a Comissão aprovou dois PIIEC para 5,4 e 5,2 mil milhões de EUR de investimentos, envolvendo 15 e 13 Estados-Membros, respetivamente.

Análise da tecnologia: de uma capacidade mundial de 300 MW em 2020¹⁹⁸, a Europa (incluindo o Reino Unido e os países da EFTA) representou 135 MW de capacidade instalada em 2021. Os eletrolisadores de membrana de permuta protónica (MPP) e alcalinos constituem, respetivamente, 55 % e 44 % da capacidade instalada implantada no território europeu, (incluindo a EFTA e o Reino Unido)¹⁹⁹.

Os custos normalizados de produção de energia são o principal fator que afeta a viabilidade económica dos investimentos dos eletrolisadores e o aumento dos preços da eletricidade continua a ser um dos principais desafios para a viabilidade económica de uma produção competitiva de hidrogénio por eletrólise.

O custo da produção europeia de hidrogénio a partir de fontes renováveis varia entre uma mediana (2020) de 6,8 EUR/kg H₂ (produção baseada em energia solar fotovoltaica) e uma mediana (2020) de 5,5 EUR/kg H₂ (produção baseada em energia eólica)²⁰⁰. Prevê-se que os

¹⁹³ A CE define hidrogénio renovável como o hidrogénio que é produzido a partir de eletricidade de fontes renováveis ou obtido a partir de biomassa que cumpra uma meta de redução das emissões de CO₂ de 70 % (em comparação com os combustíveis fósseis). A CE definiu um limiar para o «hidrogénio hipocarbónico» no pacote de descarbonização do hidrogénio e do gás, de 15 de dezembro de 2021 [COM(2021) 803 final].

¹⁹⁴ IRENA, *Geopolitics of Energy Transformation: the Hydrogen Factor* (não traduzido para português), Abu Dhabi, 2022.

¹⁹⁵ COM(2020) 301 final («Estratégia do Hidrogénio para uma Europa com Impacto Neutro no Clima»).

¹⁹⁶ Conforme anunciado no discurso sobre o estado da União de 2022, em 14 de setembro de 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/ov/SPEECH_22_5493.

¹⁹⁷ Declaração conjunta de 5 de maio de 2022, <https://ec.europa.eu/documents/50014/>.

¹⁹⁸ *Global Hydrogen Review* (não traduzido para português), AIE, 2021.

¹⁹⁹ *The Clean Hydrogen Monitor* (não traduzido para português), Hydrogen Europe, 2021.

²⁰⁰ *The Clean Hydrogen Monitor* (não traduzido para português), Hydrogen Europe, 2021.

custos dos eletrolisadores desçam devido à eletrólise de alta temperatura: de 2 130 EUR/kW, em 2020, para 520 EUR/kW, em 2030. As metas de custos para 2030, para os eletrolisadores de MPP e alcalinos, são de 500 EUR/kW e 300 EUR, respetivamente²⁰¹.

Análise da cadeia de valor: em 2021, a capacidade de produção dos eletrolisadores de água foi estimada em 2,5 GW/ano na Europa²⁰². A capacidade de produção mundial foi estimada em cerca de 6-7 GW/ano (cerca de dois terços alcalina e um terço por membrana de permuta aniónica para os mercados europeu e mundial)²⁰³.

Os volumes de produção na Europa são mais baixos do que na China e nos Estados Unidos. Estima-se que as empresas chinesas detenham metade da capacidade mundial de produção de eletrólise alcalina, e que as empresas americanas detenham a maior parte da produção mundial de eletrólise por membrana de permuta aniónica. A Europa é líder no número de empresas transformadoras e na eletrólise de alta temperatura, mas depende de países como a China, a Rússia e a África do Sul para o fornecimento das matérias-primas essenciais necessárias, sendo capaz de abastecer apenas 1 % a 3 % das mesmas a nível interno²⁰⁴.

O consumo de água (atualmente cerca de 17 l/kg H₂) associado à implantação de uma maior produção de hidrogénio renovável aumentará a pressão sobre os recursos de água doce, pelo que as novas instalações de eletrolisadores devem cumprir a Diretiva-Quadro Água²⁰⁵, a fim de evitar também estrangulamentos na produção relacionados com a água.

Análise do mercado mundial: apenas 0,2 % da procura total anual de hidrogénio (não renovável) na Europa, de 8,4 milhões de toneladas, é fornecida através do comércio internacional²⁰⁶. Embora o comércio internacional de hidrogénio ainda não seja uma realidade, há oportunidades comerciais significativas no futuro abastecimento de hidrogénio renovável para a UE, conforme identificado no plano REPowerEU.

Em conclusão, sem sistemas de montagem maiores, mais automatização e economias de escala, a UE não pode competir com a China no domínio da tecnologia alcalina.

Atualmente, os elevados preços da eletricidade e a dependência das importações de matérias-primas essenciais concentradas em alguns fornecedores são fragilidades fundamentais das cadeias de valor dos eletrolisadores da UE. É necessário celebrar acordos de cooperação a longo prazo, bem como realizar investigações específicas sobre alternativas aos metais raros e a outras matérias-primas essenciais atualmente necessárias para a eletrólise da água. Além disso, o êxito a longo prazo depende de um abastecimento de água sustentável e de uma capacidade de reciclagem suficiente na UE, bem como de uma abordagem abrangente para atrair a procura e a oferta. O apoio dos quadros regulamentares e de financiamento da UE, bem como os grandes investimentos através do financiamento da recuperação, dos PIIEC, da

²⁰¹ *Strategic Research and Innovation Agenda 2021-2027* (não traduzido para português), Parceria Europeia para o Hidrogénio Limpo.

²⁰² Declaração conjunta da Cimeira Europeia do Eletrolisador, Bruxelas, 5 de maio de 2022.

²⁰³ BNEF, 2021. Note-se que as diferentes fontes fornecem estimativas variáveis da capacidade de produção anual.

²⁰⁴ Dolci, F. *et al*, *Clean Energy Technology Observatory: Hydrogen Electrolysis – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, JRC130683.

²⁰⁵ JO L 327 de 22.12.2000. Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.

²⁰⁶ Hydrogen Europe, Clean Hydrogen Europe, 2021. A procura anual de hidrogénio inclui a Islândia, a Noruega, o Reino Unido e a Suíça.

política de coesão, do Horizonte Europa, da Empresa Comum do Hidrogénio Limpo²⁰⁷ e do Fundo de Inovação são fundamentais para a competitividade da indústria de hidrogénio renovável da UE.

3.6. Combustíveis renováveis

As tecnologias de combustíveis renováveis podem contribuir significativamente a curto prazo para a descarbonização dos transportes e para garantir a segurança do abastecimento de energia e a diversificação energética. O plano REPowerEU²⁰⁸ identifica, em particular, o biometano²⁰⁹ como fundamental para diversificar os fornecimentos de gás na UE, aumentando a sua produção duas vezes acima da meta da UE para 2030, colocando assim o biometano no topo das prioridades em matéria de energias renováveis.

As propostas legislativas do pacote Objetivo 55²¹⁰ introduzirão uma procura significativa por energias renováveis no setor dos transportes em 2030, consideravelmente acima das metas para as quotas de biocombustíveis avançados e combustíveis renováveis de origem não biológica estabelecidas na proposta de revisão da Diretiva Energias Renováveis II²¹¹. Tal deve-se à meta de redução de 13 % de gases com efeito de estufa (GEE) no setor dos transportes (que não é provável que seja alcançada apenas com a eletrificação), e às metas de redução das emissões de GEE mais elevadas de 40 % e 61 % constantes das propostas de revisão do Regulamento Partilha de Esforços²¹² e da Diretiva Comércio de Licenças de Emissão²¹³ respetivamente (se estas forem cumpridas com contribuições iguais dos transportes). O plano REPowerEU propõe aumentar ainda mais as quantidades exigidas de combustíveis renováveis. Contrariamente ao transporte rodoviário, cuja descarbonização deverá depender, em grande parte, da eletricidade e do hidrogénio²¹⁴, as propostas ReFuelEU Aviação e FuelEU Transportes Marítimos preveem que os combustíveis renováveis forneçam 5 % e 6,5 % do consumo total de combustível da UE para a aviação e a navegação nos setores da aviação e dos transportes marítimos^{215, 216}.

Análise da tecnologia: há vias comerciais (por exemplo, digestão anaeróbia para o biometano, óleo vegetal hidrogenado e produção de etanol lignocelulósico), mas há pouca capacidade

²⁰⁷ A Empresa Comum do Hidrogénio Limpo afetou 150,5 milhões de EUR, o programa Horizonte 2020 disponibilizou 130 milhões de EUR, e o Fundo de Inovação apoiou quatro projetos com 240 milhões de EUR até meados de 2022.

²⁰⁸ COM(2022) 230 final («Plano REPowerEU»).

²⁰⁹ Especialmente quando produzido a partir de resíduos e desperdícios orgânicos, resultando assim num biocombustível avançado quando utilizado no setor dos transportes.

²¹⁰ COM(2021) 550 final («Objetivo 55: alcançar a meta climática da UE para 2030 rumo à neutralidade climática»).

²¹¹ COM(2021) 557 final («Alteração da Diretiva 2018/2001, do Regulamento 2018/1999 e da Diretiva 98/70/CE no respeitante à promoção de energia de fontes renováveis»).

²¹² COM(2021) 555 final [«Proposta de Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho que altera o Regulamento (UE) 2018/842 relativo às reduções anuais obrigatórias das emissões de gases com efeito de estufa pelos Estados-Membros entre 2021 e 2030 como contributo para a ação climática a fim de cumprir os compromissos assumidos no âmbito do Acordo de Paris»].

²¹³ COM(2021) 551 final [«Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho que altera a Diretiva 2003/87/CE, relativa à criação de um sistema de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa na União, a Decisão (UE) 2015/1814, relativa à criação e ao funcionamento de uma reserva de estabilização do mercado para o regime de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa da União, e o Regulamento (UE) 2015/757»].

²¹⁴ Os principais impulsionadores estratégicos no setor são as normas de emissões de CO₂ e o Regulamento Infraestrutura para Combustíveis Alternativos (AFIR) proposto no âmbito do pacote Objetivo 55.

²¹⁵ SWD(2021) 633 final (*Impact assessment accompanying the Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council on ensuring a level playing field for sustainable air transport*) (não traduzido para português).

²¹⁶ COM(2021) 562 final («Proposta de regulamento relativo à utilização de combustíveis renováveis e hipocarbónicos nos transportes marítimos»).

instalada (0,43 Mt/ano) e a produção planeada é limitada (1,85 Mt/ano). Várias tecnologias inovadoras (por exemplo, gaseificação da biomassa para combustíveis sintéticos Fischer-Tropsch, combustíveis derivados da pirólise e produção de biometanol) foram demonstradas no ambiente industrial e estão prontas a arrancar. Registam-se progressos notáveis com várias tecnologias da próxima geração. A UE concentra as suas ações nos biocombustíveis avançados, principalmente baseados em desperdícios e resíduos não recicláveis, e limita o seu apoio aos biocombustíveis baseados em culturas destinadas à alimentação humana e animal.

As tecnologias para outros combustíveis sintéticos renováveis (combustíveis solares, combustíveis microbianos de segunda geração e combustíveis de microalgas) ainda se encontram, na sua maioria, à escala laboratorial. Mesmo para os eletrocombustíveis, as tecnologias mais avançadas ainda não são comerciais devido aos desafios tecnológicos que persistem, aos elevados custos da eletrólise, às elevadas perdas de conversão (50 %) e aos elevados custos de transporte e distribuição²¹⁷.

Análise da cadeia de valor: o principal desafio para a aceitação pelo mercado dos biocombustíveis avançados é a sua competitividade em relação aos biocombustíveis convencionais existentes derivados de culturas alimentares. O custo dos biocombustíveis avançados está estimado em 1,5 a 3 vezes o preço de mercado dos biocombustíveis tradicionais, como o biogásóleo e o bioetanol (fixado em 50-100 EUR/MWh). Os biocombustíveis avançados envolvem igualmente despesas de capital elevadas (até 500 milhões de EUR para uma única instalação) e estão associados à disponibilidade da biomassa como matéria-prima sustentável. Há um potencial significativo para reduzir os custos de capital em 25 %-50 % e os custos das matérias-primas em 10 %-20 %, nomeadamente através da I&I, da implantação em larga escala e do coprocessamento em instalações existentes.

O financiamento privado de CR para I&I em biocombustíveis²¹⁸ foi, em média, 250 milhões de EUR por ano em 2010-2021. Os EUA e o Canadá dominaram (embora com definições diferentes de biocombustíveis), enquanto a quota da UE foi de apenas 6 % nos últimos cinco anos. No entanto, a UE lidera no que respeita às patentes de elevado valor, com o dobro em relação aos EUA. A China detém a maior parte das patentes de baixa inovação, e os pedidos de patentes da UE estão a aumentar nos EUA e na China.

Análise do mercado mundial: a UE tem cerca de 7 % do valor de mercado mundial de biocombustíveis (ou seja, cerca de 105 mil milhões de EUR em 2020), que é essencialmente gerado a partir de biogásóleo de primeira geração. O volume de negócios atingiu um pico de 14,4 mil milhões de EUR em 2018²¹⁹, tendo a maior parte sido gerado em França, Alemanha e Espanha. Foram criados 250 000 empregos diretos e indiretos ao longo da cadeia de valor

²¹⁷ 50 % para os eletrocombustíveis. Prevê-se que os custos atuais dos eletrocombustíveis, de 7 EUR/litro, diminuam para 1-3 EUR/litro até 2050, devido a economias de escala, aos efeitos de aprendizagem e à redução prevista do preço da eletricidade produzida a partir de fontes renováveis.

²¹⁸ Os investimentos privados incluem capital de risco, anjo e semente, bem como subvenções. Desde 2010, 57 % do investimento registou-se nos EUA, 28 % no Canadá e apenas 10 % em toda a UE [relatório *Advanced Biofuels* (não traduzido para português) de 2022 do CETO, JRC].

²¹⁹ O relatório *Advanced Biofuels* (não traduzido para português) indica que a França teve o maior volume de negócios em 2020 (um pouco acima dos 2 500 milhões de EUR), seguida da Alemanha e da Espanha (cerca de 1 500 milhões de EUR cada), e da Hungria, Roménia e Polónia (um pouco menos de 1 000 milhões de EUR cada) [ver *Clean Energy Technology Observatory: Advanced biofuels in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (não traduzido para português), JRC130727].

na UE. A UE acolhe também 29 % das empresas de inovação do mundo, ao passo que os EUA e o Japão têm o maior número dessas empresas.

O setor dos biocombustíveis avançados está apenas no início. O número de instalações comerciais é ainda muito baixo e o comércio internacional é muito limitado. A UE é líder mundial, com 19 das 24 instalações comerciais operacionais de biocombustíveis avançados. A Suécia e a Finlândia detêm a maioria (12 entre si)²²⁰.

Todos os biocombustíveis podem ser comercializados a nível internacional. O comércio internacional é inferior ao dos seus homólogos fósseis, e quase inexistente para os biocombustíveis avançados. As importações de biocombustíveis da UE têm registado um aumento constante desde 2014. Em 2021, registou-se um défice comercial de biocombustíveis superior a 2 mil milhões de EUR, sendo as importações provenientes principalmente da Argentina, da China e da Malásia. Os Países Baixos e a Alemanha são os maiores produtores da UE e os maiores exportadores mundiais de biocombustíveis.

Em conclusão, embora a capacidade de produção de combustíveis renováveis instalada e planeada para 2030 seja mínima, e o potencial dos biocombustíveis avançados a partir de matérias-primas sustentáveis na UE seja limitado, este setor pode, contudo, contribuir para as metas de redução das emissões de GEE previstas no pacote Objetivo 55 e cobrir suficientemente qualquer atraso na eletrificação dos transportes. A fim de concretizar plenamente o potencial dos combustíveis renováveis nos transportes, é ainda necessário ultrapassar alguns riscos técnicos e económicos. O custo de todos os combustíveis renováveis e, em particular, dos sintéticos, é ainda elevado porque dependem das energias renováveis e dos preços do hidrogénio. No entanto, os biocombustíveis avançados dependem de recursos de biomassa locais sustentáveis e de cadeias de abastecimento curtas, que criam um grande número de empregos qualificados, reduzem a pobreza energética e impulsionam a competitividade industrial. A UE é claramente o líder de mercado em instalações comerciais operacionais de biocombustíveis avançados e em inovações de elevado valor. As empresas da UE estão atualmente entre as dez maiores do mundo, mas correm o risco de perder a sua liderança tecnológica devido à falta de financiamento privado. Por conseguinte, além da energia produzida internamente, deve também ter-se em conta o potencial de exportação das tecnologias europeias subjacentes.

3.7. Tecnologias inteligentes para a gestão da energia

Nos últimos anos, as políticas nacionais e da UE reconheceram claramente a importância das redes elétricas inteligentes. A estratégia da UE para a integração do sistema energético de 2020²²¹ reconheceu a importância das redes inteligentes para a consecução dos objetivos da política energética e climática da UE. O Regulamento Infraestruturas Energéticas Transeuropeias, revisto em 2022²²², refere a implantação de redes elétricas inteligentes como

²²⁰ A Suécia tem oito instalações, a Finlândia quatro, a Espanha e a Itália têm duas cada uma, e a França e os Países Baixos uma cada. Fora da UE, os EUA têm duas, e a China, a Indonésia, o Japão e a Noruega têm uma [relatório *Advanced Biofuels* (não traduzido para português) de 2022 do CETO, JRC].

²²¹ COM(2020) 299 final («Potenciar uma Economia com Impacto Neutro no Clima: Estratégia da UE para a Integração do Sistema Energético»).

²²² JO L 152 de 3.6.2022. Regulamento (UE) 2022/869 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2022, relativo às orientações para as infraestruturas energéticas transeuropeias, que altera os Regulamentos (CE) n.º 715/2009,

um domínio temático prioritário²²³. Nos seus planos de recuperação e resiliência (PRR), os Estados-Membros reconheceram o potencial das soluções digitais para melhorar a inteligência das redes elétricas²²⁴. A eletrificação e os trabalhos que visam tornar as redes mais «inteligentes» estão a avançar, mas são necessários mais esforços para reforçar as infraestruturas de eletricidade, a fim de executar o plano REPowerEU. Os desafios incluem a redução, a partilha de dados entre os diferentes intervenientes, a flexibilidade, a interoperabilidade e a maturidade tecnológica. O plano de ação da UE sobre a digitalização do sistema energético²²⁵ apresenta um conjunto de medidas para superar estes obstáculos.

Dado o grande número e a vasta gama de tecnologias inteligentes no domínio da energia, a presente secção centra-se na apresentação de uma avaliação da evolução tecnológica e do mercado pertinente para apenas três tecnologias essenciais: i) infraestrutura de medição avançada, ii) sistemas de gestão energética de habitações, iii) carregamento inteligente de veículos elétricos.

i) Infraestrutura de medição avançada (AMI)

Os sistemas AMI²²⁶ oferecem muitas vantagens para os prestadores de serviços energéticos e para os consumidores, incluindo a redução das faturas de eletricidade através de uma melhor gestão do consumo, uma melhor observabilidade da rede e, por conseguinte, uma melhor gestão das indisponibilidades, a redução dos custos das atualizações da rede devido a uma melhor gestão dos picos de eletricidade, e um melhor controlo por parte dos clientes através da utilização de infraestruturas de cliente avançadas (ou seja, aplicações inteligentes e portais Web)²²⁷.

A implantação de sistemas de medição inteligentes está a avançar na UE, embora deva acelerar. Em 2020, apenas 43 % dos consumidores estavam equipados com um contador de eletricidade inteligente (o que corresponde a cerca de 123 milhões de unidades na UE e no Reino Unido)²²⁸. As funcionalidades que um sistema AMI oferece variam: na maioria dos países, proporcionam informações pormenorizadas através da interface do contador sobre os dados de consumo (por exemplo, nível/data/hora de consumo) e/ou informações sobre os dados relativos ao consumo acumulado.

(UE) 2019/942 e (UE) 2019/943 e as Diretivas 2009/73/CE e (UE) 2019/944 e que revoga o Regulamento (UE) n.º 347/2013.

²²³ O regulamento exige que os projetos de redes inteligentes contribuam para, pelo menos, dois dos seguintes critérios: i) segurança do abastecimento, ii) integração do mercado; iii) segurança, flexibilidade e qualidade do abastecimento da rede, iv) integração do setor inteligente.

²²⁴ Comissão Europeia, *Recovery and Resilience Scoreboard. Thematic Analysis: Digital public services* (não traduzido para português), dezembro de 2021.

²²⁵ COM(2022) 552 final («Digitalizar o sistema energético - plano de ação da UE»).

²²⁶ Os sistemas AMI são compostos por diferentes componentes. Os contadores inteligentes são a parte central, sendo complementados por redes de comunicação e sistemas de gestão de dados.

²²⁷ *Advanced Metering Infrastructure and Customer Systems, Results from the Smart Grid Investment Grant Program* (não traduzido para português) Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, Departamento da Energia dos EUA, https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/AMI%20Summary%20Report_09-26-16.pdf.

²²⁸ Estónia, Espanha, Itália, Finlândia e Suécia: 90 %; Dinamarca, França, Luxemburgo, Malta, Países Baixos e Eslovénia: 70 %-90 %; Letónia e Portugal: 50 %-70 %; Grécia, Áustria e Reino Unido: 20 %-50 % (Vitiello, S., Andreadou, N., Ardelean, M. e Fulli, G., *Smart Metering Roll-Out in Europe: Where Do We Stand? Cost Benefit Analyses in the Clean Energy Package and Research Trends in the European Green Deal, Energies* (não traduzido para português), Vol. 15, p. 2340, 2022, <https://doi.org/10.3390/en15072340>).

A exploração de todo o potencial da AMI exigirá uma maior integração com sistemas de gestão energética de habitações e aparelhos inteligentes (incluindo o carregamento inteligente de VE), bem como com os novos serviços energéticos.

ii) Sistema de gestão energética de habitações (HEMS)

A crescente implantação de aparelhos inteligentes²²⁹ indica que os HEMS deverão tornar-se a plataforma de agregação, otimização e externalização de dados para terceiros (por exemplo, intermediários de energia e prestadores de serviços). A Comissão está a preparar um código de conduta para os fabricantes de aparelhos inteligentes do ponto de vista energético, que definirá os requisitos de interoperabilidade e os princípios para a partilha de dados entre aparelhos, sistemas de automação para habitações e edifícios, carregadores de VE, agregadores, e operadores de redes de distribuição²³⁰.

As atuais soluções de gestão energética de habitações vão desde aplicações de monitorização energética «diretamente no cliente» a plataformas de *software* de marca branca para clientes de serviços de utilidade pública, que podem posteriormente ser implantadas nos utilizadores finais. Atualmente, além das «tradicionais» empresas com histórico em energia e/ou eletrónica²³¹, grandes empresas de *software*, como a Google, a Apple e a Cisco, distribuem agora produtos HEMS²³². Esta tendência acentua o papel crescente da engenharia de *software* nos dispositivos da Internet das Coisas (IdC).

Prevê-se que a procura de HEMS aumente significativamente nos próximos anos. Por exemplo, o mercado alemão, que é o maior mercado nacional de HEMS da UE, deverá crescer para quase 460 milhões de USD (544 milhões de EUR²³³) até 2027, e o mercado francês de HEMS poderá ter uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 20,3 % entre 2021 e 2027²³⁴, o que reflete as tendências mundiais. O mercado mundial de HEMS foi estimado em 2,1 mil milhões de USD em 2021 (2,5 mil milhões de EUR²³⁵) e poderá aumentar para 6 mil milhões de USD (7 mil milhões de EUR²³⁶) até 2027 (com uma CAGR de 16,5 % durante o período 2022-2027)²³⁷. No entanto, nesta fase, continua a não ser claro

²²⁹ Como termóstatos inteligentes, tomadas inteligentes, iluminação inteligente, bem como aparelhos de energia distribuída, como a energia solar fotovoltaica e os veículos elétricos.

²³⁰ [Support on the development of policy proposals for energy smart appliances | JRC Smart Electricity Systems and Interoperability \(europa.eu\)](#) (não traduzido para português).

²³¹ Por exemplo, a Fortum (FI), a ENEL X (IT), a Bosch (DE), a NIBE (SE) e a Schneider Electric (FR). Os fornecedores de HEMS foram apresentados em pormenor no relatório da Comissão sobre a competitividade de 2021 [SWD(2021) 307 final, [documento de trabalho dos serviços da Comissão](#)].

²³² O Home da Google, a Siri da Apple e o serviço de gestão energética da Cisco são exemplos de serviços HEM.

²³³ Neste parágrafo, é utilizada uma taxa de câmbio média de 1,1827 EUR para 1 USD durante o ano de 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²³⁴ Delta-EE, <https://www.delta-ee.com/research-services/home-energy-management/>.

²³⁵ Neste parágrafo, é utilizada uma taxa de câmbio média de 1,1827 EUR para 1 USD durante o ano de 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²³⁶ Neste parágrafo, é utilizada uma taxa de câmbio média de 1,1827 EUR para 1 USD durante o ano de 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²³⁷ Grupo IMARC: *Home Energy Management System Market Size and Share 2022-2027* (não traduzido para português), <https://www.imarcgroup.com/home-energy-management-systems-market?msclkid=5440b237b02f11eca445030f049ab37>.

se os HEMS só ajudarão os consumidores a otimizar o seu consumo e conforto ou se também permitirão a resposta da procura e a flexibilidade em escala.

iii) Carregamento inteligente de VE

O carregamento inteligente de VE será fundamental para maximizar as sinergias entre os VE, a produção de energias renováveis e os serviços de rede. O ritmo de implantação dos VE indica que não se prevê que estes criem uma crise da procura de energia a curto e médio prazo²³⁸, podendo, contudo, remodelar a curva de carga²³⁹. O impacto do carregamento inteligente de VE pode ser maior nas regiões e zonas em que uma elevada concentração de VE coincide com uma infraestrutura de rede menos robusta. As técnicas de carregamento inteligente de VE podem potencialmente prestar serviços de compensação à rede e reduzir as limitações das energias renováveis, reduzindo assim a necessidade de atualização das redes.

O carregamento inteligente inclui vários preços e opções técnicas de carregamento, podendo ser de três tipos: unidirecional do veículo para a rede (V1G), bidirecional do veículo para a rede (V2G) e bidirecional do veículo para a residência ou o edifício (V2H-B). Os principais intervenientes no mercado de carregamento inteligente de VE incluem a ABB (Suécia/Suíça), a Bosch Automotive Service Solutions Inc. (Alemanha), a Schneider Electric (França), a Greenflux e a Alfen N.V. (Países Baixos), a Virta (Finlândia), a Driivz e a Tesla (EUA).

O mercado mundial de carregamento inteligente de VE está claramente a arrancar, com um valor estimado de 1,52 mil milhões de USD (1,77 mil milhões de EUR²⁴⁰) em 2020 e uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 32,42 % entre 2021 e 2031²⁴¹. No entanto, ao contrário das soluções V1G mais maduras, a V2G e a V2H-B ainda não atingiram a fase de implantação no mercado em geral, embora o número de projetos-piloto e demonstrações esteja a aumentar.

A implantação de uma infraestrutura de carregamento inteligente em escala colocará dois desafios: em primeiro lugar, será necessário consolidar a normalização das interfaces de comunicação entre os pontos de carregamento, os veículos elétricos e a rede de distribuição; em segundo lugar, será preciso satisfazer uma procura crescente de matérias-primas²⁴².

Os sistemas AMI, os HEMS e o carregamento inteligente de VE deverão continuar a progredir. A implantação de sistemas AMI tem sido mais lenta do que inicialmente previsto. É necessária uma maior integração com os HEMS e os aparelhos inteligentes para tirar pleno partido das oportunidades dos sistemas AMI. A presença crescente de aparelhos inteligentes

²³⁸ As simulações da rede de distribuição na Alemanha mostram que os requisitos de atualização da rede são bastante baixos até os VE atingirem cerca de 20 % de todo o parque automóvel [VertgeWall, C.M. *et al.*, *Modelling Of Location And Time Dependent Charging Profiles Of Electric Vehicles Based On Historical User Behaviour* (não traduzido para português), CIRED 2021 – 26.^a Conferência e Exposição Internacional sobre Distribuição de Eletricidade, 2021].

²³⁹ McKinsey&Company, McKinsey Center for future mobility, *The potential impact of electric vehicles on global energy systems* (não traduzido para português), 2018.

²⁴⁰ Neste parágrafo, é utilizada uma taxa de câmbio média de 1,1827 EUR para 1 USD durante o ano de 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²⁴¹ Transparency Market Research, *Smart EV Charger Market: 2021 – 2031* (não traduzido para português), 2021.

²⁴² Matérias-primas como o aço inoxidável, o cobre, o alumínio, os policarbonatos, os elastómeros e os poliuretanos termoplásticos são utilizadas no fabrico de componentes essenciais das estações de carregamento de VE (invólucros, cabos, conectores, isolamento e invólucros de cabos, e tubos flexíveis). O silício e o germânio são matérias-primas essenciais para o fabrico de circuitos e quadros eletrónicos.

deverá resultar num aumento significativo da procura de HEMS. O mercado mundial de carregamento inteligente de VE também deverá arrancar, mas será necessário superar vários desafios.

3.8. Principais conclusões sobre outras tecnologias de energia limpa

As secções anteriores centram-se nas tecnologias e soluções de energia limpa analisadas em 2021²⁴³. As outras principais soluções de energia limpa apresentadas na presente secção são abordadas nos relatórios do CETO que acompanham o presente relatório²⁴⁴. Estas tecnologias encontram-se em diferentes fases de desenvolvimento e estão a evoluir em diferentes contextos, o que significa que cada uma delas tem os seus próprios desafios e oportunidades em matéria de competitividade.

A **energia hidroelétrica**²⁴⁵, por exemplo, tem sido substancialmente implantada na UE. A capacidade instalada era de 151 GW em 2021, um aumento de +6 GW em comparação com 2011, o que corresponde a cerca de 12 % da produção líquida de eletricidade da UE. Os 44 GW de energia hidroelétrica por bombagem da UE representam quase toda a capacidade de armazenamento de eletricidade da UE e asseguram flexibilidade para a rede elétrica e capacidade de armazenamento de água. Com uma infraestrutura envelhecida, a renovação sustentável da capacidade hidroelétrica existente adquire uma importância crescente, constituindo também uma oportunidade para tornar o segmento hidroelétrico mais resiliente às alterações climáticas e do mercado. A UE é líder em I&I, detendo 33 % de todas as invenções de elevado valor a nível mundial (2017-2019), e acolhe 28 % de todas as empresas inovadoras. Num mercado mundial em expansão, detinha também 50 % de todas as exportações mundiais de energia hidroelétrica, num valor de mil milhões de EUR em 2019-2021. No entanto, a plena exploração do seu potencial exigirá que a UE supere os desafios relacionados com a aceitação social e os impactos ambientais das novas instalações e reservatórios. Os efeitos das alterações climáticas também afetam a energia hidroelétrica na Europa de várias formas e os reservatórios hidroelétricos podem contribuir para atenuar alguns desses efeitos. É essencial reconhecer os benefícios adicionais (além da produção de energia) dos reservatórios hidroelétricos polivalentes e incentivar tecnologias e medidas hidroelétricas mais sustentáveis (ou seja, com menor impacto).

Há cada vez mais implantações de **energia oceânica**²⁴⁶. A longo prazo, tendo em conta o potencial em termos de recursos, a contribuição da energia oceânica para as necessidades energéticas da UE pode chegar aos 10 %. A estratégia da UE para a energia de fontes renováveis ao largo de 2020²⁴⁷ propôs metas de potência específicas para a energia oceânica, com o objetivo de longo prazo de atingir, pelo menos, 40 GW até 2050. As empresas da UE lideram o setor da energia oceânica, com a maior parte das empresas localizadas em países da

²⁴³ COM(2021) 952 final («Progressos em matéria de competitividade das tecnologias energéticas limpas»).

²⁴⁴ https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en.

²⁴⁵ Quaranta, E. et al, *Clean Energy Technology Observatory: Hydropower and Pumped Hydropower Storage in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, JRC130587.

²⁴⁶ Incluindo tecnologias de conversão da energia das ondas, das marés, de gradientes de salinidade e da energia térmica dos oceanos.

²⁴⁷ COM(2020) 741 final «Estratégia da UE para aproveitar o potencial de energia de fontes renováveis ao largo com vista a um futuro climaticamente neutro».

UE. As implantações dentro e fora da UE estão a aumentar em termos de potência instalada. Os dispositivos individuais já estão a contribuir para a rede durante períodos de tempo mais longos²⁴⁸. No entanto, é necessário continuar a reduzir os custos e a garantir a sustentabilidade para que as tecnologias de energia das ondas e das marés se estabeleçam no mercado da eletricidade e sejam competitivas com outras fontes de energia renováveis. Para permitir a sua implantação em larga escala, é também necessário mais financiamento dedicado aos ensaios e à aceitação pelo mercado.

A **energia geotérmica**²⁴⁹ registou um crescimento tanto para as centrais elétricas como para o aquecimento e arrefecimento urbano, embora a um ritmo lento em comparação com outras tecnologias de energia limpa. Em 2021, foram encomendadas duas centrais geotérmicas adicionais na Alemanha, com uma capacidade de 1 MWe e 5 MWe²⁵⁰, elevando assim a capacidade total da UE para 0,877 GWe – enquanto a capacidade instalada mundial total era de cerca de 14,4 GWe. Em 2021, a potência total instalada de aquecimento e arrefecimento geotérmico urbano atingiu 2,2 GWt na UE, com mais de 262 sistemas. O maior crescimento ocorre em França, nos Países Baixos e na Polónia. Os sistemas geotérmicos estimulados (EGS) ainda enfrentam vários desafios em termos de inovação, que exigirão mais I&I. Reduzir o risco de investir em projetos de energia geotérmica é fundamental para explorar o seu enorme potencial. Na UE, os principais desafios dizem respeito à relação custo-eficiência e ao desempenho ambiental.

A energia solar de concentração (CSP) e o aquecimento solar de concentração²⁵¹ podem contribuir substancialmente para a produção de eletricidade em locais com elevada exposição solar direta mas, até à data, apenas uma fração do seu potencial tem sido aproveitada. Em 2021, a potência instalada a nível mundial era de aproximadamente 6,5 GW, com 2,4 GW instalados na UE. Existe também um grande mercado da UE para o calor do processo industrial, que pode ser parcialmente explorado por sistemas de aquecimento solar de concentração. A exploração deste potencial de energia e calor industrial através de medidas financeiras e outras medidas de apoio permitiria à UE enfrentar melhor a concorrência internacional. Este aspeto é particularmente importante, dado que as organizações chinesas estão a emergir como promotoras de projetos internacionais de energia solar de concentração, um domínio tradicionalmente liderado pelas empresas da UE. A energia solar de concentração registou progressos consideráveis em termos de redução de custos e de estabelecimento como uma opção fiável. As organizações europeias desempenham um papel de liderança na investigação e no desenvolvimento tecnológico. Os investigadores da UE são os principais editores de documentos científicos e autores de patentes de elevado valor, aumentando a eficiência e reduzindo os custos, conforme estabelecido no plano de execução da energia solar de concentração do Plano Estratégico Europeu para as Tecnologias

²⁴⁸ O projeto Meygen 1A (UK), no setor da energia das marés, está a funcionar desde abril de 2018, o projeto de Shetland, no mesmo setor, desde 2016, e a central de energia das ondas de Mutriku (ES) desde julho de 2011.

²⁴⁹ Bruhn, D. et al, *Clean Energy Technology Observatory: Deep Geothermal Energy in the European Union- 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, JRC130585.

²⁵⁰ European Geothermal Energy Council, *2021 EGEN Geothermal Market Report* (não traduzido para português).

²⁵¹ Taylor, N. et al, *Clean Energy Technology Observatory: Concentrated Solar Power and Heat in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, doi: 10.2760/080204, JRC130811.

Energéticas (plano SET)²⁵². Neste contexto, a I&I terá um papel fundamental, pelo que continuará a receber um apoio concreto ao nível da UE, conforme anunciado na nova estratégia da UE para a energia solar.

Nos últimos anos, os progressos na **captura, utilização e armazenamento de dióxido de carbono** (CUAC) aceleraram, embora o número de instalações a funcionar na UE ainda seja pequeno. A França, a Alemanha e os Países Baixos são líderes no investimento público e privado em I&I e nas empresas que registam mais patentes. Persistem ainda alguns obstáculos ao desenvolvimento da CUAC, principalmente no que diz respeito à aplicação da regulamentação²⁵³, à economia, aos riscos e incertezas, e à aceitação pelo público. Ao abrigo do Fundo de Inovação, 11 projetos de captura e armazenamento de dióxido de carbono (CAC) e captura e utilização de dióxido de carbono (CUC) em larga escala foram selecionados para apoio da UE.

Atualmente, a **bioenergia**²⁵⁴ representa quase 60 %²⁵⁵ do fornecimento de energia renovável na UE. A bioenergia continua a ser importante para a transição dos setores energéticos de vários Estados-Membros, uma vez que ajuda a descarbonizar a economia, aumentando simultaneamente a segurança e a diversificação energética. O aumento previsto da biomassa significa que é importante para a UE assegurar que a bioenergia é obtida e utilizada de forma sustentável, bem como evitar impactos negativos na biodiversidade e nos sumidouros e reservas de carbono. A proposta de revisão da Diretiva Energias Renováveis inclui critérios de sustentabilidade mais rigorosos para a bioenergia e introduz a obrigação de os Estados-Membros aplicarem o princípio da utilização em cascata nos seus regimes de apoio financeiro. O biometano produzido de forma sustentável, com base em resíduos e desperdícios orgânicos, pode contribuir, em particular, para a meta REPowerEU de reduzir a dependência da UE dos combustíveis fósseis importados. A obrigação de recolher separadamente os resíduos orgânicos até 2024 representa uma grande oportunidade para a produção sustentável de biogás nos próximos anos. A bioenergia proporciona uma produção de energia flexível, equilibrando a rede elétrica, e desempenha um papel fundamental, possibilitando elevadas quotas de energias renováveis variáveis, como a eólica e a solar, nas redes elétricas.

A energia nuclear, com 103 reatores nucleares (101 GWe) na UE em 2022, gera cerca de um quarto da eletricidade da UE e fornece cerca de 40 % da eletricidade hipocarbónica da UE²⁵⁶. Juntamente com as energias renováveis, está incluída no plano estratégico a longo prazo da UE para uma economia com impacto neutro no clima até 2050. O plano REPowerEU reconhece ainda o papel do hidrogénio nuclear na substituição do gás natural na produção de hidrogénio obtido sem combustíveis fósseis. O potencial contributo da energia nuclear para o futuro cabaz energético hipocarbónico depende da investigação e da inovação, visando tecnologias nucleares cada vez mais seguras e mais limpas (tanto convencionais como avançadas). Vários serviços de utilidade pública e organizações de investigação de, pelo menos, sete Estados-Membros da UE demonstraram interesse em novos pequenos reatores

²⁵² https://setis.ec.europa.eu/implementing-actions/csp-ste_en.

²⁵³ Por exemplo, a ratificação do Protocolo de Londres.

²⁵⁴ Motola, V. *et al*, *Clean Energy Technology Observatory: Bioenergy in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, JRC130730.

²⁵⁵ Este valor inclui os biocombustíveis, que representam cerca de 7 %.

²⁵⁶ Associação Nuclear Mundial, *Nuclear Power in the European Union* (não traduzido para português), quadro *EU nuclear power* (energia nuclear da UE), sítio Web consultado em 14 de outubro de 2022.

nucleares modulares²⁵⁷ (SMR), ligando-os à produção de eletricidade descarbonizada e de energia não elétrica, como o aquecimento industrial e urbano e a produção de hidrogénio. Os intervenientes industriais e estatais interessados da UE estão a conduzir um processo no sentido de elaborar um modelo industrial europeu para a implantação de SMR no início da década de 2030.

4. CONCLUSÃO

A rapidez do desenvolvimento e da implantação de tecnologias de energia limpa produzidas internamente na UE é fundamental para dar uma resposta à atual crise energética que seja eficaz em termos de custos, respeitadora do clima e socialmente justa.

Em resposta ao aumento dos preços da energia para níveis sem precedentes, a UE apresentou rapidamente um conjunto de medidas destinadas a **proteger os consumidores e as empresas**, incluindo os agregados familiares vulneráveis e os intervenientes do setor das tecnologias de energia limpa, assegurando simultaneamente a consecução das metas em matéria de energia e de clima para 2030 e 2050.

Paralelamente, a UE deve prosseguir os seus esforços para **reduzir a sua dependência de matérias-primas e diversificar eficazmente o aprovisionamento das mesmas**, uma vez que o aumento dos seus preços afeta gravemente a competitividade das tecnologias de energia limpa. O anunciado ato legislativo europeu sobre as matérias-primas essenciais²⁵⁸ visa contribuir para a concretização destas ambições. A UE deve também **aprofundar a cooperação internacional e colmatar a escassez de mão de obra qualificada** em vários segmentos das tecnologias de energia limpa, assegurando também um ambiente equitativo e equilibrado em termos de género. A proposta de tornar 2023 o Ano Europeu das Competências representa um passo no sentido do aumento de trabalhadores qualificados.

O aumento dos investimentos públicos e privados em investigação e inovação no domínio da energia limpa, a expansão e a implantação a preços acessíveis são fundamentais. Os quadros regulamentares e financeiros da UE têm um papel crucial neste contexto. Juntamente com a execução da Nova Agenda Europeia para a Inovação, os programas de financiamento da UE, o **reforço da cooperação** entre os Estados-Membros, e o **acompanhamento contínuo das atividades nacionais de I&I** são fundamentais para conceber um ecossistema de I&I da UE com impacto e para colmatar as lacunas entre a investigação e a inovação e a aceitação pelo mercado, reforçando assim a competitividade da UE.

O presente relatório confirma²⁵⁹ que a **UE tem permanecido na vanguarda da investigação no domínio da energia limpa**, e que o investimento em I&I tem vindo a registar um aumento constante (embora abaixo dos níveis anteriores à crise financeira). A nível mundial, a UE continua a ser líder em invenções «verdes» e patentes de elevado valor, sendo o

²⁵⁷ Comissão Europeia, *Small Modular Reactors and Medical Applications of Nuclear technologies* (não traduzido para português), Serviço das Publicações da UE, Luxemburgo, 2022.

²⁵⁸ Conforme anunciado pela Presidente da Comissão Europeia no seu discurso sobre o estado da União de 14 de setembro de 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/SPEECH_22_5493.

²⁵⁹ Tal como na edição anterior: COM(2021) 952 final e SWD(2021) 307 final («Progressos em matéria de competitividade das tecnologias energéticas limpas»).

principal requerente de patentes a nível mundial nos domínios do clima e ambiente (23 %), da energia (22 %) e dos transportes (28 %). A percentagem global da UE de publicações científicas diminuiu, mas os cientistas da UE colaboram e publicam a nível internacional sobre temas relacionados com a energia limpa, fazendo-o a um ritmo muito superior à média mundial. Além disso, a UE apresenta um nível mais elevado de colaboração público-privada.

O volume de negócios e o valor acrescentado bruto do setor das energias renováveis da UE continuaram a aumentar desde 2019, e a produção da UE da maior parte das tecnologias e soluções de energia limpa registou a mesma tendência em 2021. Embora a UE tenha mantido uma balança comercial positiva em várias tecnologias, como a energia eólica, o seu défice comercial aumentou para outras, como as bombas de calor, os biocombustíveis e a energia solar fotovoltaica. Esta tendência global deve-se, em parte, ao aumento da procura dessas tecnologias por parte da UE.

No que respeita às tecnologias de energia limpa específicas, o relatório mostra que o setor da **energia eólica** da UE continua a ser líder mundial em matéria de I&I e de patentes de elevado valor em 2022, mantendo também uma balança comercial positiva. No entanto, a concorrência continua forte e a indústria eólica terá de superar o atual contexto desfavorável, também devido à crescente procura mundial de materiais com terras raras e a perturbações na cadeia de abastecimento. O setor terá de duplicar a sua atual capacidade de instalação anual para alcançar as metas REPowerEU. Em 2022, a UE confirmou também a sua posição como um dos maiores mercados para a **energia fotovoltaica**, bem como de forte inovador, especialmente no que diz respeito às tecnologias fotovoltaicas emergentes. Do ponto de vista da cadeia de valor, a UE continua atrasada em relação à Ásia, com uma forte dependência de várias componentes essenciais. As soluções inovadoras e os progressos tecnológicos contínuos oferecem oportunidades adicionais de implantação na UE.

A UE encontra-se numa encruzilhada relativamente a várias tecnologias, sendo ainda necessário ultrapassar vários desafios para as explorar plenamente. O setor das **bombas de calor** terá de acelerar a sua implantação, já em rápido crescimento, e assegurar a comportabilidade dos preços dos sistemas (especialmente para os agregados familiares de baixos rendimentos e as PME), e os fornecedores da UE terão de aumentar a produção, a fim de manterem a sua quota de mercado em comparação com países terceiros. No que respeita à **produção de baterias**, a UE está no bom caminho para quase alcançar a autossuficiência até 2030, mas a falta de matérias-primas de origem interna e de capacidade de produção de materiais avançados continua a colocar desafios. É necessário prestar mais atenção ao aumento da capacidade de reciclagem e ao estabelecimento de capacidades tecnológicas para armazenamento mais barato/a mais longo prazo. Relativamente à **produção de hidrogénio por eletrólise**, a UE beneficia da sua forte abordagem global para estimular a procura e a oferta. A posição da UE na cadeia de valor varia (por exemplo, lidera na eletrólise de alta temperatura, mas não concorre no domínio da tecnologia alcalina). Os aumentos dos preços da eletricidade e a dependência de matérias-primas essenciais são alguns dos principais desafios. A UE é claramente o líder de mercado em instalações comerciais operacionais de **combustíveis renováveis** e em inovações de elevado valor. Embora a produção instalada e planeada para 2030 seja limitada, os combustíveis renováveis podem contribuir para todas as metas de redução de emissões do pacote Objetivo 55, se forem abordados determinados riscos técnicos e económicos. A inovação na **infraestrutura energética digital** da UE será fundamental para garantir que a rede de eletricidade está apta para o futuro sistema

energético. A procura de HEMS e do carregamento inteligente de VE está a arrancar, prevendo-se que aumente, e a implantação de sistemas de medição inteligente está a avançar na UE (embora a um ritmo mais lento do que o previsto).

De um modo geral, apesar das tendências positivas promissoras registadas no ecossistema de inovação da UE, são necessários mais esforços para eliminar os entraves estruturais e os desafios sociais que prejudicam o desenvolvimento das empresas em fase de arranque e em expansão no domínio das tecnologias relacionadas com o clima sediadas na UE, afetando-as mais do que ocorre noutras importantes economias. Para explorar o seu potencial de se tornar líder mundial nos domínios das tecnologias relacionadas com o clima e das tecnologias profundas, a UE tem de tirar partido dos seus diversos talentos, ativos intelectuais e capacidades industriais, e de conseguir que os investidores privados participem mais ativamente no financiamento das empresas em fase de arranque no domínio das tecnologias relacionadas com o clima e das tecnologias profundas relacionadas com o clima.

A Comissão continuará a acompanhar os progressos registados no setor da energia limpa e a desenvolver a sua metodologia e recolha de dados em cooperação com os Estados-Membros e as partes interessadas. Neste contexto, atualizará a sua metodologia baseada em dados concretos para futuras edições do relatório sobre os progressos em matéria de competitividade. Tal contribuirá para informar as decisões políticas e ajudará a tornar a UE competitiva, eficiente em termos de recursos, resiliente, independente e com impacto neutro no clima até 2050.

ANEXO I: QUADRO METODOLÓGICO PARA A AVALIAÇÃO DA COMPETITIVIDADE DA UE²⁶⁰

Parte 1: Competitividade global do setor da energia limpa da UE	Parte 2: Tecnologias e soluções de energia limpa		
Análise macroeconómica (agregada, por EM e por tecnologia limpa)	1. Análise da tecnologia: situação atual e perspectivas	2. Análise da cadeia de valor do setor das tecnologias energéticas	3. Análise do mercado mundial
<p>Evolução recente</p> <ul style="list-style-type: none"> - preços e custos da energia: tendências recentes - desafios em matéria de sustentabilidade e circularidade das tecnologias de energia limpa; dependência das matérias-primas (essenciais) do setor da energia limpa da UE e impactos na competitividade da UE - impacto e recuperação da COVID-19 - capital humano e competências 	<p>Capacidade instalada, geração/produção (atualmente e em 2050)</p>	<p>Volume de negócios</p>	<p>Comércio (importações e exportações)</p>
<p>Tendências na investigação e inovação</p> <ul style="list-style-type: none"> - investimentos públicos e privados em I&I - registo de patentes e patentes de elevado valor UE e por Estado-Membro 	<p>Custos/custos normalizados de produção de energia²⁶¹ (atualmente e em 2050)</p>	<p>Crescimento do valor acrescentado bruto Variação anual (%)</p>	<p>Líderes do mercado mundial / líderes do mercado da UE (quota de mercado)</p>
<p>O panorama concorrencial mundial em matéria de energia limpa</p>	<p>Financiamento público de I&I (EM e UE)</p>	<p>Número de empresas na cadeia de abastecimento, incluindo líderes de mercado da UE</p>	<p>Eficiência na utilização dos recursos e dependência dos recursos²⁶²</p>
<p>O cenário do financiamento da inovação na UE (em comparação com as principais economias)</p>	<p>Financiamento privado de I&I</p>	<p>Emprego no segmento da cadeia de valor</p>	
<p>O papel da mudança sistémica no setor da energia limpa (por exemplo, digitalização, edifícios, comunidades de energia e cooperação infranacional)</p>	<p>Tendências de patenteação (incluindo patentes de elevado valor)</p>	<p>Intensidade energética/produção de do trabalho</p>	
	<p>Nível de publicações científicas</p>	<p>Produção comunitária Valores anuais de produção</p>	

²⁶⁰ A avaliação foi efetuada em estreita colaboração com o Observatório de Tecnologias de Energia Limpa da Comissão Europeia: os pormenores para a parte 1 constam de Georgakaki, A. *et al*, *Clean Energy Technology Observatory: Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union – 2022 Status Report* (não traduzido para português), Comissão Europeia, 2022, JRC131001. Para a parte 2, os relatórios individuais relativos a cada tecnologia estão disponíveis em https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en.

²⁶¹ E, se disponível, custos normalizados de armazenamento.

²⁶² Segmentos da cadeia de valor que dependem de matérias-primas essenciais.

