



Bruxelas, 29.6.2022  
COM(2022) 289 final

**COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU E AO  
CONSELHO**

**Relatório de prospetiva estratégica de 2022**

**Geminação das transições ecológica e digital no novo contexto geopolítico**

## I. Introdução

**O mundo está a atravessar mudanças geopolíticas profundas, que vêm reforçar as megatendências que já afetam a UE**<sup>1</sup>. As implicações a longo prazo da agressão militar da Rússia contra a Ucrânia, nomeadamente para a energia, a alimentação, a economia, a segurança, a defesa e a geopolítica, afetarão claramente a trajetória da Europa para alcançar uma transição ecológica e uma transição digital justas. Contudo, estes e outros desafios futuros não desviarão a União Europeia dos seus objetivos a longo prazo. Com um conjunto adequado de políticas, podem servir de catalisador para acelerar a sua concretização. Em última análise, poderão promover a nossa resiliência e a nossa autonomia estratégica aberta em vários domínios, desde a energia, a alimentação, a segurança e os aprovisionamentos críticos — incluindo de matérias-primas necessárias para as transições —, até às tecnologias de ponta.

**Neste novo contexto geopolítico, e com base num exercício prospetivo completo**<sup>2</sup>, **o relatório de prospetiva estratégica de 2022 apresenta uma reflexão estratégica orientada para o futuro sobre as interações entre as transições ecológica e digital**. Ambas estão no topo da agenda política da UE e a sua interação terá enormes consequências no futuro. O seu êxito será também crucial para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. Embora sejam de natureza diferente e estejam sujeitas a dinâmicas específicas, a sua **geminção** — ou seja, a capacidade de se reforçarem mutuamente — merece uma análise mais aprofundada. A transição ecológica não acontecerá sem a concretização das metas e das políticas estabelecidas no Pacto Ecológico Europeu, uma estratégia transversal para alcançar a neutralidade climática e reduzir a degradação ambiental até 2050. Até há pouco tempo, a transição digital apenas tinha em conta algumas questões de sustentabilidade. A fim de reduzir os efeitos secundários adversos e de explorar todo o seu potencial de viabilização da sustentabilidade ambiental, social e económica, é necessário que a transição digital tenha um enquadramento político e uma governação adequados, tal como indicado nas comunicações «Orientações para a Digitalização» e «Objetivo 55»<sup>3</sup>.

**Na trajetória rumo a 2050, a geminação dependerá da capacidade de implantar tecnologias novas e existentes em grande escala, bem como de vários fatores geopolíticos, sociais, económicos e regulamentares**. Com base na análise destes fatores, a presente comunicação identifica dez domínios essenciais em que importa tomar medidas. É necessária uma abordagem abrangente, orientada para o futuro e estratégica da dupla

---

<sup>1</sup> O relatório de prospetiva estratégica de 2021 identificou as alterações climáticas e a degradação ambiental, a hiperconectividade digital e a transformação tecnológica, a par da pressão sobre a democracia e os valores, bem como as mudanças na ordem mundial e na demografia, como algumas das principais megatendências com impacto na autonomia estratégica aberta da UE nas próximas décadas [COM(2021) 750 final].

<sup>2</sup> A presente comunicação baseia-se no relatório da série *Science for Policy* do Centro Comum de Investigação intitulado «Towards a green and digital future. Key requirements for successful twin transitions in the European Union» [<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC129319>]. O processo de preparação incluiu consultas a peritos e partes interessadas, a publicação de um convite à apreciação, debates com parceiros do Sistema de Análise da Estratégia e Política Europeias e consultas com os Estados-Membros na rede prospetiva à escala da UE.

<sup>3</sup> Comunicação «Objetivo 55: alcançar a meta climática da UE para 2030 rumo à neutralidade climática» [COM(2021) 550 final].

transição, que reconheça a sua natureza intrinsecamente geopolítica, a fim de continuar a reforçar as suas sinergias e de fazer face às tensões.

## II. Sinergias e tensões entre as transições ecológica e digital

**As tecnologias digitais podem desempenhar um papel fundamental na consecução da neutralidade climática, na redução da poluição e na restauração da biodiversidade.** Ao medirem e controlarem os dados e com uma maior automatização, tecnologias como a robótica e a Internet das coisas poderão melhorar a eficiência na utilização dos recursos e reforçar a flexibilidade dos sistemas e das redes. A gestão de dados baseada em cadeias de blocos energeticamente eficientes ao longo de todo o ciclo de vida e da cadeia de valor dos produtos e serviços poderá dinamizar os progressos rumo a uma economia mais circular e a uma sustentabilidade competitiva<sup>4</sup>. As tecnologias digitais também poderão apoiar a monitorização, a comunicação e a verificação das emissões de gases com efeito de estufa tendo em vista a tarificação do carbono. Os passaportes digitais dos produtos permitem uma melhor rastreabilidade de extremo a extremo dos materiais e componentes e tornam os dados mais acessíveis, o que é essencial para a viabilidade dos modelos empresariais circulares. Os gémeos digitais<sup>5</sup> poderão facilitar a inovação e a conceção de processos, produtos ou edifícios mais sustentáveis. A computação quântica facilitará simulações demasiado complexas para os computadores clássicos. As tecnologias de dados espaciais acompanham os progressos realizados em matéria de sustentabilidade, fornecendo informações em tempo real sobre o mundo. A ludificação ou a partilha de dados podem aumentar a participação do público na condução das transições e na cocriação de inovações.

**A prossecução da transição ecológica também transformará o setor digital.** As energias renováveis, o hidrogénio renovável, a energia nuclear (incluindo pequenos reatores modulares) e a tecnologia de fusão nuclear<sup>6</sup> serão importantes no contexto das crescentes necessidades energéticas no setor digital. A promoção de políticas que visem a neutralidade climática e a eficiência energética dos centros de dados e das infraestruturas de computação em nuvem até 2030, nomeadamente satisfazendo a sua procura de eletricidade com energia solar ou eólica, apoiará a ecologização das tecnologias baseadas em dados, como a análise de megadados, a cadeia de blocos e a Internet das coisas. Contudo, os atrasos na implantação da capacidade e das infraestruturas de produção de energias renováveis podem constituir um desafio. Um melhor planeamento da localização e a utilização de tecnologias adequadas são suscetíveis de permitir a reutilização do calor produzido pelos centros de dados no setor

---

<sup>4</sup> A capacidade da economia, dos ecossistemas industriais e das empresas da UE avançarem rumo a um modelo macroeconómico sustentável, produtivo, justo e estável, possibilitado por tecnologias digitais e limpas, permitindo à Europa encabeçar a transformação a nível mundial e beneficiar da vantagem competitiva oferecida aos pioneiros [COM(2019) 650 final].

<sup>5</sup> Um gémeo digital é uma representação virtual de um objeto ou sistema, que abrange o seu ciclo de vida. É atualizado a partir de dados em tempo real e utiliza simulação, aprendizagem automática e raciocínio para ajudar a tomar decisões. O desenvolvimento da iniciativa da UE «Destino Terra» («DestinE») e dos seus gémeos digitais da Terra é fundamental para prever os efeitos e reforçar a resiliência às alterações climáticas. Além disso, a iniciativa «Digital Twin of the Ocean» (gémeo digital do oceano) ajudará a conceber formas mais eficazes de restaurar os *habitats* marinhos e costeiros, de apoiar uma economia azul sustentável, assim como de mitigar e de assegurar a adaptação às alterações climáticas.

<sup>6</sup> São 35 os países que colaboram na construção do maior dispositivo de fusão magnética do mundo, com o objetivo de provar a viabilidade da fusão enquanto fonte de energia em grande escala e isenta de carbono, com base no mesmo princípio que «alimenta» as estrelas.

terciário. O financiamento sustentável ajudará a mobilizar investimentos com impacto neutro no clima no setor digital. Uma melhor conceção e modelos empresariais e padrões de produção mais circulares podem ajudar a reduzir os resíduos eletrónicos. Do lado da procura, o consumo e as práticas das empresas e dos cidadãos serão importantes para reduzir o consumo de energia na utilização das tecnologias digitais.

**Se as tecnologias digitais não forem mais eficientes do ponto de vista energético, a sua utilização generalizada aumentará o consumo de energia.** As tecnologias da informação e comunicação (TIC) são responsáveis por 5 % a 9 % do consumo mundial de eletricidade e cerca de 3 % das emissões de gases com efeito de estufa<sup>7</sup>. A ausência de um quadro acordado para aferir o impacto ambiental da digitalização, nomeadamente os possíveis efeitos de repercussão<sup>8</sup>, faz com que estas estimativas variem significativamente. Contudo, alguns estudos indicam que o consumo de energia das TIC continuará a aumentar<sup>9</sup>, sendo impulsionado pelo aumento progressivo da utilização e produção de dispositivos de consumo e pela procura de redes, centros de dados e criptoativos. O consumo de energia também aumentará devido à utilização crescente de plataformas em linha, motores de pesquisa, conceitos de realidade virtual, como o de metaverso<sup>10</sup>, e plataformas de música ou de transmissão de vídeo em contínuo. Por outro lado, a implantação das próximas gerações de circuitos integrados de baixo consumo energético<sup>11</sup> e de tecnologias de conectividade mais eficientes (5G e 6G, redes alimentadas pela inteligência artificial) pode reduzir a pegada global das TIC.

**Os resíduos eletrónicos e a pegada ambiental das tecnologias digitais farão surgir novas tensões.** A maior dependência da eletrónica, dos telefones e do equipamento informático está a acelerar a produção mundial de resíduos eletrónicos, que poderá atingir 75 milhões de toneladas em 2030<sup>12</sup>. Atualmente, na UE, apenas 17,4 % destes resíduos são devidamente tratados e reciclados<sup>13</sup>, ao passo que a produção de resíduos eletrónicos aumenta anualmente 2,5 milhões de toneladas<sup>14</sup>. Sem políticas adequadas, todas as mudanças para novas normas ou tecnologias exigirão uma substituição maciça de equipamentos. Por exemplo, para poderem aproveitar plenamente os benefícios das tecnologias 5G e 6G, os utilizadores terão de substituir os seus equipamentos, uma vez que a maioria dos telemóveis inteligentes, táboletes e computadores existentes só serão retrocompatíveis<sup>15</sup>. Os progressos na digitalização também aumentarão a utilização de água, por exemplo, para arrefecimento de centros de dados ou fabrico de circuitos integrados. A exploração mineira e a transformação das matérias-primas necessárias para as transições suscitam preocupações ambientais e

---

<sup>7</sup> Freitag, C., *et al.* (2021), «The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimations, trends and regulations», *Patterns*, vol. 2.

<sup>8</sup> Respostas comportamentais a uma maior eficiência que contrabalançam potenciais poupanças.

<sup>9</sup> Por exemplo, de acordo com Andrae, A. (2022), *Net global effect of digital — power and carbon*, a pegada elétrica das TIC poderá aumentar de 1 988 terawatt-hora em 2020 para 3 200 em 2030.

<sup>10</sup> Conselho da União Europeia (2022), *Metaverse- virtual world, real challenges*.

<sup>11</sup> Com o Regulamento Circuitos Integrados europeu [COM(2022) 45 final], a UE pretende dar resposta à escassez de semicondutores e reforçar a sua liderança tecnológica, nomeadamente aumentando a capacidade de produção para 20 % do mercado mundial até 2030.

<sup>12</sup> Produtos descartados com bateria ou ficha (Instituto das Nações Unidas para a Formação e a Investigação <https://ewastemonitor.info/gem-2020/>).

<sup>13</sup> WEEE Forum (2021): [https://weee-forum.org/ws\\_news/international-e-waste-day-2021/](https://weee-forum.org/ws_news/international-e-waste-day-2021/).

<sup>14</sup> UIT (2020), *The Global E-waster monitor*.

<sup>15</sup> EIT Digital (2022), *Digital Technologies and the Green Economy report*.

éticas. Por último, os riscos climáticos e ambientais afetarão a vida útil e o funcionamento de infraestruturas digitais críticas. Nos próximos 30 anos, o custo dos danos causados por fenómenos meteorológicos extremos na UE poderá aumentar 60 %<sup>16</sup>.

De um modo geral, se devidamente geridas, as tecnologias digitais podem ajudar a criar uma economia e uma sociedade com impacto neutro no clima e eficientes na utilização de recursos, reduzindo o consumo de energia e recursos em setores económicos fundamentais e tornando-se elas próprias mais eficientes na utilização de recursos.

### III. Tecnologias críticas para a geminação

**A energia, os transportes, a indústria, os edifícios e a agricultura são os setores que emitem mais gases com efeito de estufa na UE<sup>17</sup>.** A redução da sua pegada, conforme previsto no pacote Objetivo 55, e o reforço da sua resiliência são, por conseguinte, fundamentais para o êxito da geminação. No entanto, sem tecnologias e políticas adequadas, poderá ser mais difícil atenuar o impacto ambiental negativo destes setores, especialmente porque uma população mundial prevista de 9,7 mil milhões de pessoas em 2050, com um rendimento médio mais elevado, exigirá mais alimentos, produtos industriais, energia, habitação, mobilidade e água.

Até 2030, a maioria das reduções de emissões de CO<sub>2</sub> advirá das tecnologias disponíveis atualmente. Contudo, a neutralidade climática e a circularidade até 2050 serão possibilitadas pelo desenvolvimento de novas tecnologias, atualmente em fase experimental, de demonstração ou de protótipo<sup>18</sup>. Incluem-se aqui várias tecnologias digitais que podem promover a geminação em todos os setores.

#### 1. Digitalização da energia

**A agressão militar da Rússia contra a Ucrânia aumentou a importância dos aspetos geopolíticos da transição para energias limpas, realçando a necessidade de acelerar essa transição e de unir forças para tornar o sistema energético mais resiliente e concretizar uma verdadeira União da Energia<sup>19</sup>.** A UE apresentou opções ambiciosas para atenuar o impacto do aumento dos preços da energia nos consumidores (em especial, nos consumidores vulneráveis e em risco de pobreza energética) e na indústria e reforçar a segurança do aprovisionamento energético da UE. A médio prazo, um sistema integrado da UE baseado, em grande medida, na produção de energia limpa, na diversificação do aprovisionamento energético, bem como no aumento da poupança de energia e da eficiência energética em todos os setores, é a solução mais eficaz em termos de custos para reduzir a dependência da UE em relação aos combustíveis fósseis. Por exemplo, a plena aplicação do pacote Objetivo 55 permitiria reduzir o consumo de gás da UE em 30 % até 2030<sup>20</sup>. Este

---

<sup>16</sup> EEA (2022), *Economic losses and fatalities from weather- and climate-related events in Europe*.

<sup>17</sup> Em 2019, estes setores representavam a seguinte percentagem das emissões de gases com efeito de estufa na UE: aprovisionamento energético, 27 %; transporte interno, 23 %; indústria, 21 %; residencial e comercial, 12 %; agricultura, 11 % (Agência Europeia do Ambiente, visualizador de dados sobre gases com efeito de estufa 2021).

<sup>18</sup> Agência Internacional de Energia (2021).

<sup>19</sup> Plano REPowerEU [COM(2022) 230 final].

<sup>20</sup> COM(2022) 230 final.

aspecto torna-se ainda mais relevante se tivermos em conta que os progressos da dupla transição aumentarão a procura de eletricidade.

**A digitalização pode reforçar a segurança energética da UE.** As tecnologias digitais podem contribuir para fluxos de vetores energéticos mais eficientes e aumentar a interconectividade entre os mercados. Podem fornecer os dados necessários para fazer corresponder a oferta e a procura a um nível mais desagregado e quase em tempo real. As tecnologias digitais, os novos sensores, os dados de satélite e as cadeias de blocos podem melhorar a previsão da produção e da procura de energia. Tal permitirá às redes inteligentes ajustar o consumo às condições meteorológicas que afetam a produção de energias renováveis variáveis. Tal permitirá gerir e distribuir eficazmente as energias renováveis, facilitará o intercâmbio transfronteiras e evitará interrupções. A digitalização capacitará as pessoas e as empresas, permitindo-lhes passar a consumir energia de fontes ecológicas, ajustar o consumo ou mesmo comercializar energia. A «energia como serviço»<sup>21</sup> e os serviços energéticos inovadores baseados em dados podem alterar a forma como os fornecedores e os consumidores de energia interagem. Além disso, as microrredes e as redes auto-organizadas podem tornar-se uma forma de gerir o sistema energético da base para o topo. Para aumentar a resiliência contra ameaças híbridas, a digitalização dos sistemas energéticos exigirá o reforço das capacidades de cibersegurança e sistemas de comunicações seguros, autónomos e omnipresentes, como uma conectividade espacial segura.

## **2. Tornar os transportes mais ecológicos graças às tecnologias digitais**

**A procura de transportes continuará a aumentar, a par do crescimento demográfico e do aumento do nível de vida.** A nível mundial, o transporte de passageiros pode quase triplicar entre 2015 e 2050. Na UE, o transporte rodoviário de passageiros deverá crescer cerca de 21 % e o transporte de mercadorias 45 % até 2050, não obstante os esforços envidados para transferir mais tráfego para outros modos de transporte, como o ferroviário ou marítimo<sup>22</sup>. A urbanização, a crescente sensibilização dos consumidores, a evolução dos custos das opções de transporte sustentáveis (ainda relativamente elevados atualmente) e os novos modelos de negócio (incluindo no que diz respeito à gestão da cadeia de abastecimento) também terão repercussões no setor. Além disso, a digitalização pode acelerar ainda mais a hibridação do local de trabalho, afetando a mobilidade local e transfronteiras dos trabalhadores.

**Em combinação com as tecnologias digitais, o maior escopo de aplicação das baterias da próxima geração<sup>23</sup> permitirá uma mudança de fundo no sentido de uma mobilidade sustentável.** Tal aplica-se a vários modos de transporte, nomeadamente o transporte de passageiros e de mercadorias, o transporte realizado por camiões pesados ou o transporte aéreo. Por exemplo, as aeronaves elétricas poderiam, eventualmente, ligar pequenos aeroportos regionais na UE. A gestão da procura adicional de eletricidade no setor dos

---

<sup>21</sup> Modelo empresarial em que os prestadores de serviços energéticos não se limitam a oferecer uma forma de energia, oferecendo antes um «produto energético chave na mão», como manter a temperatura num edifício num determinado intervalo de valores.

<sup>22</sup> Em comparação com 2015, com base no cenário MIX do pacote Objetivo 55. Comissão Europeia (2021), *Policy scenarios for Delivering the European Green Deal*.

<sup>23</sup> Por exemplo, baterias de íões de lítio no estado sólido, sem cobalto, ou que utilizem materiais DRX (saís de rocha desordenados com excesso de lítio, que permitem fabricar cátodos de baterias sem níquel ou cobalto).

transportes, tanto para a eletrificação direta como para a produção em massa de combustíveis renováveis e hipocarbônicos para setores difíceis de descarbonizar, como a aviação e o transporte por via navegável, deve ser acompanhada de uma melhoria da eficiência energética dos veículos elétricos. Exige igualmente uma abordagem a nível dos sistemas para a integração de sensores, de capacidade computacional e de *software* avançado. A utilização de dados dos veículos e do seu ambiente pode otimizar os carregamentos. O carregamento bidirecional poderá tornar as redes elétricas inteligentes mais flexíveis, apoiando a integração das energias renováveis e maximizando a sua utilização. Além disso, quando conjugada com os serviços espaciais, a digitalização pode apoiar soluções fiáveis para navios e veículos conectados e automatizados (incluindo autónomos), contribuindo para aumentar a eficiência da gestão do tráfego e reduzir o consumo de combustível. Os modelos experimentais, como os bancos de ensaio ou os laboratórios vivos, que permitem testar soluções de mobilidade num ambiente real, podem ajudar a compreender melhor as necessidades dos utilizadores finais. Os gémeos digitais dos veículos podem fornecer dados completos sobre o desempenho em tempo real, o historial de manutenção, a configuração, a substituição de peças ou a garantia. A mobilidade inteligente exigirá grandes investimentos para desenvolver novas tecnologias e infraestruturas e o acesso a várias tecnologias digitais, como a inteligência artificial, a computação em nuvem ou os semicondutores. Além disso, para atingir uma massa crítica e evitar a dependência de grandes agentes dominantes, os intervenientes do setor terão de criar parcerias, congregar investimentos e chegar a acordo sobre normas, infraestruturas, plataformas e quadros de governação comuns. A aceitação social e a acessibilidade em termos de custos dos veículos autónomos também serão fundamentais.

**A digitalização e a inteligência artificial também favorecerão o surgimento de soluções de mobilidade multimodal mais eficientes, combinando todos os modos numa plataforma única e interoperável, como a «mobilidade como serviço» ou o «transporte como serviço».** Tal poderá aumentar a eficiência, a escolha dos consumidores e a acessibilidade, física e monetária, nomeadamente dos transportes públicos. Além disso, as plataformas digitais impulsionarão outras opções, como a mutualização e a partilha. As tecnologias digitais são também fundamentais para garantir o aparecimento de serviços de mobilidade multimodal conectados nas cidades, bem como em regiões rurais e remotas, permitindo aos cidadãos e às empresas aceder e escolher entre diferentes opções de transporte de passageiros e de mercadorias. Além disso, as novas tecnologias e soluções digitais com baixo nível de emissões e baseadas na inteligência artificial, como os drones, têm potencial para oferecer um vasto leque de novas aplicações e serviços, desde a entrega de mercadorias até à assistência médica. Para tal, será necessário uma maior interoperabilidade entre diferentes modos, operadores e plataformas, bem como uma conectividade omnipresente. Em particular, um acesso melhor e mais amplo aos dados relativos à mobilidade ajudará as autoridades públicas a monitorizar e a planear as atividades, as infraestruturas e os serviços de transporte, assim como a ajustar a oferta à procura com menos custos e impacto ambiental. O acesso aos dados é também fundamental para melhorar a gestão do tráfego e proporcionar aos clientes e às empresas um leque de soluções de mobilidade sustentável mais vasto.

### 3. Galvanização da neutralidade climática da indústria através das tecnologias digitais

**Para avançar eficazmente no sentido da neutralidade climática em 2050, a indústria da UE terá de reduzir, até 2030, as suas emissões de CO<sub>2</sub> em 23 % em comparação com 2015<sup>24</sup>.** A nível mundial, a indústria é responsável por cerca de 37 % do consumo total de energia final<sup>25</sup> e por cerca de 20 % das emissões de gases com efeito de estufa<sup>26</sup>. Quatro indústrias com utilização intensiva de energia — aço, cimento, substâncias químicas e polpa e papel — representam aproximadamente 70 % do total de emissões de CO<sub>2</sub> a nível mundial. São também as maiores utilizadoras industriais de energia da UE.

**As tecnologias digitais serão importantes para gerir a oferta e a procura dos grandes utilizadores industriais de energia num sistema com diversas fontes e matérias-primas.** Os contadores inteligentes, nomeadamente os subcontadores, e os sensores podem aumentar a eficiência energética, fornecendo informações em tempo real sobre o seu consumo e contribuindo para os instrumentos de gestão da energia. O controlo da supervisão, a análise de megadados e os sistemas de aquisição de dados<sup>27</sup> melhorarão a eficiência dos processos industriais e do tratamento de dados, permitindo assim decisões mais inteligentes. Os gémeos digitais contribuirão para melhorar a conceção dos sistemas, testar novos produtos, monitorizar e assegurar a manutenção preventiva, avaliar o ciclo de vida dos produtos e seleccionar os materiais mais adequados. A otimização baseada em dados ajudará a melhorar os materiais existentes, desenvolver alternativas mais ecológicas e prolongar a sua vida útil. A monitorização e o rastreio fornecem informações sobre os materiais ou peças utilizados nos produtos, o que pode impulsionar a circularidade graças a uma melhor manutenção e a uma reciclagem em circuito fechado de grande qualidade. A integração de tecnologias de fabrico, tecnologias digitais e outras tecnologias avançadas, como a robótica ou a impressão 3D e 4D<sup>28</sup>, também terá um importante papel a desempenhar. A adoção de soluções digitais pelo setor industrial exige um maior grau de preparação tecnológica e de cibersegurança para proteger os dados dos processos industriais e a integridade do seu funcionamento.

### 4. Tornar os edifícios mais ecológicos com a digitalização

**As tendências demográficas e a urbanização impulsionarão uma mudança na procura de edifícios.** O crescimento da população urbana duplicará a dimensão do parque imobiliário mundial até 2060. Na UE, o número de pessoas que vivem em regiões predominantemente urbanas e intermédias poderá atingir 80 % até 2050<sup>29</sup>. Haverá também mais agregados familiares de pequena dimensão, suscetíveis de consumir mais energia por pessoa do que os agregados familiares de maior dimensão. Estas tendências, associadas à utilização de

---

<sup>24</sup> SWD(2021) 601 final.

<sup>25</sup> Agência Internacional de Energia (2020).

<sup>26</sup> Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (2021).

<sup>27</sup> Sistema informatizado que recolhe e trata os dados, e aplica controlos operacionais a longas distâncias.

<sup>28</sup> Os objetos impressos em 4D podem mudar de forma ou automontar-se ao longo do tempo se forem expostos a um estímulo como calor, luz, água, campo magnético ou outra forma de energia que ative o processo de transformação.

<sup>29</sup> Fonte: Eurostat. A pandemia de COVID-19 revelou um interesse crescente pela mudança para zonas rurais. A efemeridade ou a duração desta tendência dependerão, entre outros fatores, da conectividade destas zonas. Para mais informações: Comissão Europeia (2021), «Uma visão a longo prazo para as zonas rurais da UE» [COM(2021) 345 final] e *Scenarios for EU rural areas 2040*, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/29388>.

dispositivos digitais para o trabalho à distância, o ensino, a saúde, a vida inteligente ou autónoma, intensificarão o consumo de energia dos edifícios. Na UE, este setor representa atualmente 40 % do consumo de energia, sendo que 75 % do parque imobiliário é ineficiente do ponto de vista energético<sup>30</sup>.

**Para alcançar a neutralidade climática e obter benefícios significativos numa perspetiva de poluição zero, os novos edifícios terão de ter emissões nulas até 2030 e um quinto dos edifícios existentes terá de ser modernizado**<sup>31</sup>. Alcançar a neutralidade climática no setor exige a substituição do aquecimento a combustíveis fósseis por alternativas sustentáveis, como as bombas de calor, a redução da pegada de carbono resultante da utilização de água e a melhoria do desempenho energético global, garantindo simultaneamente que estas soluções estão ao alcance de todos. Tal contribuirá para a consecução do objetivo da UE de renovar 35 milhões de edifícios ineficientes do ponto de vista energético até 2030<sup>32</sup>. Os edifícios e contadores inteligentes poderão ajudar a alcançar estes objetivos e a combater a pobreza energética. Até 2030, a modelização das informações sobre os edifícios poderá aumentar ainda mais a eficiência energética e hídrica do setor, fornecendo uma análise a longo prazo das opções de conceção na construção e utilização dos edifícios. A disponibilidade de dados anonimizados, os dispositivos inteligentes e o comportamento dos consumidores permitirão investimentos específicos nas renovações. Os registos digitais e a análise do ciclo de vida serão necessários para avaliar, comunicar, armazenar e rastrear informações sobre as emissões ao longo de todo o ciclo de vida e ajudarão a reduzir o impacto ambiental dos materiais e a evitar a utilização de materiais tóxicos. Os gémeos digitais podem alterar a forma como os espaços urbanos são planeados, monitorizados e geridos, o que poderá traduzir-se numa redução das emissões urbanas, numa maior eficiência na utilização dos recursos, numa melhor qualidade de vida e numa melhor utilização do espaço dos edifícios, podendo também tornar os edifícios mais resilientes a eventos perigosos.

## 5. Agricultura mais inteligente e mais ecológica

**As crises climáticas e ambientais, as alterações demográficas e a instabilidade geopolítica porão à prova a resiliência da agricultura da UE e o caminho que esta tem de percorrer para alcançar a sustentabilidade.** Sem medidas políticas, as emissões agrícolas mundiais poderão aumentar 15 % a 20 % até 2050. Nessa altura, prevê-se que 10 % da superfície mundial atualmente apta para o cultivo e criação de animais deixe de ser adequada do ponto de vista climático<sup>33</sup>. Surgirão outras ameaças para a biosfera, a água, o solo ou a biodiversidade. No novo contexto geopolítico, a UE tem de reduzir a sua dependência das importações de alimentos para animais, fertilizantes e outros fatores de produção. Tal tem de acontecer sem comprometer a produtividade, a segurança alimentar ou a ecologização do setor e ao mesmo tempo que se combate a insegurança alimentar nos países parceiros de baixos rendimentos.

---

<sup>30</sup> COM(2021) 802 final.

<sup>31</sup> COM(2021) 558 final; COM(2021) 802 final.

<sup>32</sup> COM(2020) 662 final.

<sup>33</sup> PIAC (2022). *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contributo do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas.

**Se forem devidamente implantadas, as tecnologias digitais podem permitir uma agricultura inteligente e mais ecológica.** Uma maior utilização de sensores digitais *in situ* (para adaptar os tratamentos a condições específicas) e de serviços baseados em dados espaciais da União poderá reduzir a utilização de água, pesticidas, fertilizantes e energia, o que será igualmente benéfico para a saúde dos seres humanos e dos animais. Os gémeos digitais fornecerão dados para gerir a diversificação dos produtos e utilizar a biodiversidade funcional para reformular o controlo de pragas. A computação quântica, em combinação com a bioinformática e a genómica vegetal, pode melhorar a compreensão dos processos biológicos e químicos necessários para reduzir a utilização de pesticidas e fertilizantes. As plataformas digitais que facilitam a distribuição local e evitam o desperdício alimentar podem impulsionar a produção local e reduzir os circuitos de consumo. Os dados de satélite, os sensores, as cadeias de blocos e os dados provenientes de toda a cadeia de valor poderão aumentar a rastreabilidade e a transparência. Plataformas digitais agrícolas abertas que proporcionem a base para uma partilha de dados segura e fiável e serviços digitais, como a agricultura de precisão, poderão reforçar a colaboração equitativa na cadeia de valor e criar mercados eficientes. Uma maior adoção destas tecnologias exigirá custos de instalação e manutenção mais baixos e uma maior conectividade nas zonas periféricas e rurais. Além disso, as soluções digitais desenvolvidas para processos normalizados terão de apoiar modelos agrícolas mais diversificados. A adoção de tecnologias de geminação dependerá da existência de confiança, de elevados níveis de segurança e de competências adequadas.

#### **IV. Fatores geopolíticos, económicos, sociais e regulamentares determinantes para a geminação**

**As atuais mudanças geopolíticas confirmam a necessidade de acelerar a dupla transição, reforçando a resiliência da UE e a sua autonomia estratégica aberta.** As repercussões da agressão militar da Rússia contra a Ucrânia já alteraram as realidades geopolíticas e económicas. Tal inclui vários fatores relevantes para a geminação: o forte aumento dos preços da energia e dos produtos alimentares e as suas implicações sociais, a potencial necessidade de aumentar temporariamente a utilização do carvão, uma maior pressão sobre as finanças públicas, taxas de inflação mais elevadas, um aumento dos riscos cibernéticos, problemas com as cadeias de abastecimento e dificuldades no acesso a matérias-primas e tecnologias críticas. O novo sentimento de urgência em acelerar a transição, abandonando os combustíveis fósseis, poderá revelar-se um ponto de viragem para a transição ecológica. A situação geopolítica também estimulará a transformação das cadeias de abastecimento, em resultado das alterações dos custos globais da mão de obra e da produção, bem como das repercussões da pandemia de COVID-19. Irá aumentar a pressão para passar para cadeias de abastecimento menos vulneráveis, mais diversificadas e mais fiáveis e, possivelmente, para «friend-shoring»<sup>34</sup>. Em alguns casos, tal poderá também reduzir a pegada de carbono e promover a economia circular. Neste contexto, parceiros da UE, como a Coreia do Sul, os Estados Unidos e o Japão, por exemplo, também criaram ou começaram recentemente a desenvolver sistemas de monitorização da cadeia de abastecimento e das capacidades internas.

---

<sup>34</sup> O aprovisionamento deliberado de materiais, bens ou serviços críticos junto de aliados que partilham os mesmos valores.

**Garantir o acesso a matérias-primas críticas será fundamental para a dupla transição da UE.** Atualmente, a dependência da UE em relação a países terceiros, nomeadamente a China, no que diz respeito a várias matérias-primas críticas é ainda maior do que a sua dependência em relação à Rússia no que diz respeito aos combustíveis fósseis<sup>35</sup>. A produção própria da UE representa apenas 4 % da cadeia de abastecimento mundial de matérias-primas críticas utilizadas na produção de equipamento digital, como o paládio, o tântalo ou o neodímio<sup>36</sup>. A UE também não dispõe de uma indústria mineira, de transformação e de reciclagem suficientemente desenvolvida. Até à data, os progressos no desenvolvimento dos depósitos nacionais, nomeadamente os de importância estratégica para a economia, têm sido insuficientes, nomeadamente porque os projetos continuam a enfrentar obstáculos significativos. Ao mesmo tempo, a consecução dos nossos objetivos em matéria de energias limpas exigirá quantidades crescentes de várias matérias-primas, por exemplo, um aumento de 3 500 % na utilização de lítio, um componente essencial para a mobilidade elétrica. O Chile detém atualmente 40 % dos depósitos de lítio, ao passo que 45 % das instalações mundiais de refinação deste mineral se encontram na China<sup>37</sup>. Além disso, a utilização de cobalto deverá aumentar 330 % e a utilização de alumínio e cobre deverá aumentar 30 % a 35 %, respetivamente<sup>38</sup>. O comércio, a cooperação e as parcerias com um conjunto diversificado de países ricos em minerais e que partilham as mesmas ideias continuam a ser especialmente importantes. O forte aumento da procura a nível mundial intensifica a concorrência pelos recursos e é suscetível de agravar a concentração da produção, criando assim riscos geopolíticos adicionais para a oferta. Para além do acesso a matérias-primas críticas, a capacidade de estabelecer normas ambientais e sociais, garantindo a sustentabilidade das atividades mineiras, de refinação e de reciclagem, bem como da produção de energia, será fundamental no novo contexto geopolítico<sup>39</sup>.

**Conjugado com investimento suficiente, o aumento da circularidade<sup>40</sup> e da precisão na produção pode ajudar a reduzir estas dependências estratégicas.** A digitalização poderá acelerar ainda mais a circularidade, melhorando a conceção, a precisão na produção e os processos de reparação, renovação e reciclagem. Por exemplo, após 2040, com a necessidade contínua de metais primários, a reciclagem poderá ser a principal fonte de aprovisionamento da UE para a maioria dos metais de transição<sup>41</sup>. A reciclagem será ainda mais importante,

---

<sup>35</sup> *Strategic dependencies and capacities* [SWD(2021) 352 final] (não traduzido para português); *EU strategic dependencies and capacities: second stage of in-depth reviews* [SWD(2022) 41 final] (não traduzido para português).

<sup>36</sup> A China representa, por si só, 86 % do aprovisionamento mundial de neodímio. O paládio é maioritariamente fornecido pela Rússia (40 %) e tântalo pela República Democrática do Congo (33 %). Comissão Europeia (2020). *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU: a foresight study* (não traduzido para português).

<sup>37</sup> Comissão Europeia (2020). *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU: a foresight study* (não traduzido para português).

<sup>38</sup> *Metals for Clean Energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge*, KU Leuven e Eurometaux, 2022.

<sup>39</sup> Danino-Perraud R. (2021), «Géoéconomie des chaînes de valeur: les matières premières minérales de la filière batterie», *Études de l'Ifri*, Ifri.

<sup>40</sup> Por exemplo, em 2050, com a reciclagem de baterias em fim de vida, a UE poderá satisfazer 52 % da procura de lítio, 49 % da procura de níquel e 58 % da procura de cobalto destinada à mobilidade elétrica. Rizos, V., Righetti, E., (2022), *Low-carbon technologies and Russian imports: How far can recycling reduce the EU's raw material dependency?*, CEPS Policy Insight.

<sup>41</sup> *Metals for Clean Energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge*, KU Leuven e Eurometaux, 2022.

uma vez que, por exemplo, a produção de aço ou alumínio a partir de sucata consome muito menos energia do que a produção a partir de matérias-primas<sup>42</sup>. Tanto a quantidade como a qualidade da reciclagem são pertinentes. Por exemplo, a contaminação do aço e do alumínio com cobre provoca grandes perdas de valor e, conseqüentemente, um aumento do consumo de energia e das emissões.

**A geopolítica das tecnologias ganhará importância.** O acesso a tecnologias críticas proporcionará uma vantagem competitiva e reduzirá as dependências estratégicas. A capacidade limitada atual da UE em relação a algumas tecnologias horizontais enfraquece a sua posição<sup>43</sup>. A concorrência tecnológica poderá aumentar rapidamente, conduzindo à fragmentação dos ecossistemas mundiais de inovação. Tal pode aumentar os custos e os riscos de cibersegurança, especialmente para as tecnologias de dupla utilização, como, por exemplo, as infraestruturas 5G e 6G ou as tecnologias digitais na agricultura<sup>44</sup>. Este aspeto é ainda mais relevante, uma vez que a quantidade de dados recolhidos, nomeadamente sobre os hábitos e padrões comportamentais dos consumidores, bem como o número de aparelhos conectados, aumentará consideravelmente. Além disso, prevê-se também que aumentem as rivalidades baseadas em valores e modelos sociais. Tal já é visível nas diferentes abordagens da Internet. Por exemplo, a limitação do acesso a conteúdos específicos (nomeadamente, na China e na Rússia), a adoção de uma abordagem baseada em valores (como a ênfase dada pela UE à privacidade dos dados e a uma inteligência artificial fiável) ou a promoção de modelos específicos de governação (em grande medida privatizados, como nos EUA, ou orientados pelo Estado, como na cibersoberania chinesa)<sup>45</sup>. As ligações entre as ciberatividades maliciosas e a desinformação, que ameaçam a democracia, agravam as divisões e dificultam o acesso a informações fidedignas, suscitam preocupações cada vez maiores. Este aspeto é relevante, uma vez que os últimos 30 anos de progresso democrático foram erradicados<sup>46</sup>: o nível médio da democracia mundial em 2021 está abaixo do nível de 1989. Além disso, o atual contexto geopolítico pode afetar projetos relacionados com a dupla transição em países parceiros, que já enfrentam restrições financeiras e de aprovisionamento devido às conseqüências da pandemia de COVID-19. Este desafio está a tornar-se ainda mais vital, uma vez que, pela primeira vez, houve um retrocesso a nível mundial no que toca à consecução dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas<sup>47</sup>.

---

<sup>42</sup> A reciclagem pode reduzir consideravelmente o consumo de energia, segundo um fator teórico de 27 vezes no caso do aço e um fator prático de 30 vezes no caso do alumínio. [Komiya, H. (2014), *Beyond the Limits to Growth: New Ideas for Sustainability from Japan*, Science for Sustainable Societies].

<sup>43</sup> Por exemplo, na computação quântica, 50 % das maiores empresas encontram-se nos EUA, 40 % na China e nenhuma na UE. No que toca à tecnologia 5G, a China capta quase 60 % do financiamento externo, os EUA 27 % e a Europa 11 %. No domínio da inteligência artificial, os EUA captaram 40 %, a Europa 12 % e a Ásia (incluindo a China) 32 %. Em 2018-2020, no domínio da biotecnologia, os EUA gastaram 260 mil milhões de dólares, a Europa gastou 42 mil milhões de dólares e a China gastou 19 mil milhões de dólares. McKinsey Global Institute (2022), *Securing Europe's future beyond energy*.

<sup>44</sup> Angyalos, Z. & Botos, S. & Szilagyi, R. (2021), «The importance of cybersecurity in modern agriculture», *Journal of Agricultural Informatics*.

<sup>45</sup> The Economist Intelligence Unit (2022), *Five ways in which the war in Ukraine will change business*.

<sup>46</sup> Boese, V., et al. (2022). *Democracy Report 2022: Autocratization Changing Nature?* Varieties of Democracy Institute, V-DEM.

<sup>47</sup> Tal inclui a redução das desigualdades, a diminuição das emissões de carbono e a luta contra a fome, cujos progressos estagnaram ou sofreram um retrocesso. ONU (2021), *Progress towards the Sustainable Development Goals: report of the Secretary-General*.

**A adaptação das nossas políticas a um novo modelo económico será fundamental para concretizar a dupla transição.** Tal implica reorientar a visão tradicional de progresso económico para uma abordagem mais qualitativa, que evolua em torno do bem-estar, da eficiência na utilização dos recursos, da circularidade e da regeneração. Em última análise, a neutralidade climática, a utilização sustentável dos recursos, a poluição zero e a travagem do declínio da biodiversidade implicam uma alteração profunda das políticas económicas e sociais, impulsionada por uma combinação adequada de instrumentos de mercado (por exemplo, a tarifação do carbono) e investimentos em projetos sustentáveis, tanto do setor público como do setor privado. O crescimento das empresas sociais e dos investimentos de impacto é também um fator de dinamização desta mudança.

**A dupla transição será justa ou não será: a inclusão e a acessibilidade dos preços condicionarão o seu êxito.** As pessoas com rendimentos baixos e médios são mais vulneráveis aos impactos e aos custos da dupla transição (nomeadamente a automatização do emprego, o acesso a soluções e a serviços públicos digitais, o aumento dos preços da energia e dos alimentos, o financiamento de melhorias na eficiência energética dos edifícios ou a pobreza nos transportes<sup>48</sup>). Existe também um fosso entre as empresas tecnologicamente avançadas e as empresas mais atrasadas a nível tecnológico. As disparidades regionais a nível do desenvolvimento económico e da prosperidade social podem agravar ainda mais estas dicotomias. As fricções no mercado de trabalho e de capitais podem torná-las mais morosas e onerosas. Neste contexto, só será possível alcançar a neutralidade climática e a sustentabilidade ambiental se estas forem acompanhadas de medidas que ajudem estes grupos a suportar os encargos financeiros conexos e a colmatar as disparidades<sup>49</sup>. A consecução dos objetivos da Década Digital da UE e do Pilar Europeu dos Direitos Sociais será crucial para colmatar estas lacunas, mas poderão ser necessárias mais medidas. Tal é ainda mais premente se considerarmos que as pessoas para quem a transição é mais difícil de suportar são aquelas que produzem menos emissões. Com efeito, atualmente os 10 % dos europeus mais ricos emitem, *per capita*, mais do triplo do que emitem os restantes cidadãos europeus<sup>50</sup>.

**A dupla transição resultará em mudanças profundas no mercado de trabalho da UE e nas competências conexas.** Os setores e as regiões fortemente dependentes da extração de carvão, da extração de combustíveis fósseis e das cadeias de transformação e abastecimento conexas registarão perdas de postos de trabalho. Por outro lado, criar-se-ão novos postos de trabalho graças à transição ecológica, por exemplo, no domínio das energias limpas, da renovação e da economia circular<sup>51</sup>. Do mesmo modo, é provável que a transição digital venha criar novas oportunidades de emprego e negócio, por exemplo, no domínio das tecnologias avançadas; porém, também implicará a perda de outros postos de trabalho, total ou parcialmente automatizados. Uma maior digitalização, acelerada pela COVID-19, também afetará as condições e os padrões de trabalho, bem como o acesso à proteção social. Estes processos não serão necessariamente simultâneos e o seu impacto nas diferentes empresas, setores e regiões será desigual, implicando potenciais desequilíbrios na economia e no mercado de trabalho. A transformação do conteúdo dos postos de trabalho e a

---

<sup>48</sup> Seja devido ao custo, seja porque os serviços não existem.

<sup>49</sup> Os padrões de investimento e de consumo por género devem igualmente ser tidos em conta.

<sup>50</sup> <https://wir2022.wid.world/chapter-6/>.

<sup>51</sup> Comissão Europeia (2021), *The Future of Jobs is Green*.

reativação do emprego exigirão diferentes conjuntos de competências. De um modo geral, os efeitos da dupla transição no mercado de trabalho são potencialmente complementares, com efeitos amplificadores e anuladores que merecem mais investigação.

**Os padrões de produção e de consumo evoluirão.** Tecnologias como a computação em nuvem, a Internet das coisas ou a análise de megadados permitirão cada vez mais o aparecimento de novos modelos de negócio, nomeadamente a servitização — a venda de serviços, em vez de produtos. Por exemplo, o «fabrico como serviço» permitirá às empresas de menor dimensão utilizar instalações de fabrico de ponta e mais eficientes. Os padrões de consumo, também impulsionados pelas alterações demográficas, serão de grande importância, uma vez que o consumo doméstico representa até 72 % das emissões mundiais de gases com efeito de estufa<sup>52</sup>. As escolhas dos consumidores, como, por exemplo, utilizar um veículo elétrico, instalar uma bomba de calor ou renovar uma casa, poderão reduzir as emissões cumulativas de CO<sub>2</sub> a nível mundial em cerca de 55 %<sup>53</sup>. As escolhas comportamentais, como, por exemplo, alterar o regime alimentar, utilizar transportes públicos ou a bicicleta, serão também fundamentais, tanto para o ambiente como para a saúde geral da população. As tecnologias digitais também afetarão os padrões de consumo. Com o aumento do comércio eletrónico, facilitarão o consumo e orientarão as decisões dos consumidores, cada vez mais baseadas em informações digitais. Também dinamizarão as economias social, de partilha e circular, bem como a transição da propriedade para a produção e comercialização de ativos, por exemplo, energias renováveis ou artigos em segunda mão, como artigos de moda. A monitorização pessoal da exposição à poluição, bem como a contribuição e o acesso aos dados ambientais através de redes de microssensores e dispositivos inteligentes, capacitará as pessoas nas suas escolhas.

**As normas serão importantes para permitir a geminação.** Podem apoiar o desenvolvimento de métodos de ensaio, sistemas de gestão ou soluções de interoperabilidade necessários para a dupla transição. Em muitos casos, são um requisito de acesso ao mercado e de apoio à aplicação da legislação e à consecução dos objetivos políticos da UE, como a abordagem harmonizada da UE em matéria de produtos sustentáveis. As normas em matéria de dados desempenharão um papel importante para garantir a utilização eficiente e fiável de um volume exponencial de dados privados e provenientes de diferentes origens<sup>54</sup>. Se a normalização é vital para a realização dos nossos objetivos políticos, muitos países terceiros utilizam-na cada vez mais de forma assertiva, a fim de proporcionar às suas indústrias um maior acesso ao mercado e uma melhor implantação de tecnologias. Nesse sentido, o papel da UE na definição de normas mundiais e a voz das empresas da UE nos organismos regionais de normalização continuarão a ser fundamentais.

**O investimento público e privado continuará a ser fundamental para as transições e será apoiado por mercados de capitais «favoráveis à geminação».** O orçamento de longo prazo da UE para 2021-2027, associado ao NextGenerationEU, totaliza 2,018 biliões de EUR. Pelo menos 30 % serão gastos na luta contra as alterações climáticas — a percentagem mais elevada de sempre, proveniente do maior orçamento da UE de sempre. Além disso, em

---

<sup>52</sup> Programa das Nações Unidas para o Ambiente (2020), *Emissions Gap Report 2020*.

<sup>53</sup> Agência Internacional de Energia (2021), *Net zero by 2050 — A Roadmap for the Global Energy Sector*.

<sup>54</sup> De acordo com as projeções, o volume de dados a nível mundial aumentará 530 %, passando de 33 zetabytes em 2018 para 175 zetabytes em 2025 [COM(2020) 66 final].

2026-2027, 10 % das despesas anuais no quadro do orçamento de longo prazo servirão para apoiar a biodiversidade. Até à data, os 25 planos adotados ao abrigo do Mecanismo de Recuperação e Resiliência consagram 40 % do financiamento a objetivos ecológicos e 26 % a objetivos digitais, embora com uma ênfase relativamente limitada na potencial utilização de soluções digitais para alcançar os objetivos climáticos. Serão igualmente importantes mecanismos de financiamento específicos, por exemplo, o Fundo de Inovação<sup>55</sup> ou o Fundo para uma Transição Justa. Não obstante, as necessidades adicionais de investimento público e privado para a dupla transição poderão ascender a quase 650 mil milhões de EUR por ano até 2030<sup>56</sup>. Na atual situação geopolítica, estas estimativas deverão situar-se no limite inferior das necessidades reais, especialmente no que diz respeito à transição ecológica<sup>57</sup>. São necessários investimentos adicionais, tendo simultaneamente em conta os riscos de aumento da dívida pública, o reposicionamento das prioridades das finanças públicas e a incerteza das perspetivas económicas. Por exemplo, um eventual aumento das despesas com a defesa pode afetar os orçamentos públicos destinados especificamente à dupla transição, pelo que se torna ainda mais importante dar prioridade às despesas e melhorar a qualidade e a composição das finanças públicas e das sinergias civis e militares, em especial no domínio das tecnologias e dos sistemas espaciais. Por último, a fim de evitar ativos irrecuperáveis significativos e mecanismos de bloqueio será necessário dar uma maior atenção às decisões de investimento orientadas para o futuro, para que, por exemplo, os edifícios e as infraestruturas energéticas ou industriais não tenham de ser desativados antes do final do seu ciclo de vida, podendo, em vez disso, ser reafetados ou modernizados. Tal é igualmente importante para não conferir às tecnologias existentes uma vantagem em relação às novas tecnologias.

## V. Domínios de ação prioritários

Com um sentimento de urgência renovado associado à rápida evolução da situação geopolítica, são necessárias políticas adequadas para reforçar as oportunidades e minimizar os potenciais riscos relacionados com a interação entre as transições ecológica e digital até 2050.

**1. Num contexto geopolítico de mudança, a UE tem de continuar a reforçar a sua resiliência e a sua autonomia estratégica aberta nos setores críticos ligados às transições.** No setor da energia, é necessário intensificar os esforços a favor das fontes de energia verdes, substituindo a nossa dependência dos combustíveis fósseis e diversificando as fontes durante o período de transição. Também seria fundamental desenvolver soluções de constituição de reservas e capacidades de armazenamento para vetores energéticos atuais e futuros, como o hidrogénio renovável. A aplicação do princípio da «prioridade à eficiência energética» em toda a sociedade e em todos os setores da economia reduziria consideravelmente o consumo de energia. A abertura e a cooperação internacional serão cruciais como motores de promoção da inovação e do desenvolvimento tecnológico, assegurando simultaneamente o respeito da reciprocidade e da igualdade de condições de concorrência. A criação de um ambiente propício ao desenvolvimento de plataformas

---

<sup>55</sup> Um dos maiores programas de financiamento do mundo para a demonstração comercial de tecnologias hipocarbónicas inovadoras. Disponibilizará cerca de 38 mil milhões de EUR de apoio até 2030, em função do preço do carbono.

<sup>56</sup> COM(2021) 662 final.

<sup>57</sup> COM(2022) 600 final.

digitais entre as empresas e entre as empresas e os consumidores da UE e o fomento da colaboração estratégica entre ecossistemas industriais contribuirão para reforçar a nossa posição em termos de competitividade tecnológica. Incentivarão igualmente o aparecimento de inovadores da UE em novos mercados em setores cruciais. O trabalho do Observatório das Tecnologias Críticas da UE e os processos de revisão periódica serão importantes no contexto dos riscos atuais e futuros das dependências (tecnológicas) estratégicas. Com base nos esforços de modernização em curso, o conjunto de instrumentos de ação em matéria de comércio, alfândegas, concorrência<sup>58</sup> e auxílios estatais também terá de ser atualizado para responder aos desafios resultantes da dupla transição e de outros desenvolvimentos do mercado, decorrentes nomeadamente da situação geopolítica. Tal protegerá a UE contra produtos e processos insustentáveis de países terceiros, atenuando simultaneamente os efeitos dos inevitáveis custos a curto prazo, tanto dentro como fora da Europa. Do mesmo modo, o contributo da política agrícola comum para a segurança alimentar, bem como de outras ações destinadas a reforçar a resiliência dos sistemas alimentares, serão considerados de forma mais estratégica, tendo em vista a geminação e a autonomia estratégica aberta da Europa no novo contexto geopolítico.

**2. A UE tem de intensificar esforços para galvanizar a dupla transição a nível mundial.** Deve dar-se prioridade ao multilateralismo assente em regras e à cooperação internacional baseada em valores. A cooperação mundial, nomeadamente através de uma agenda proativa de investigação e inovação com parceiros que partilham as mesmas ideias, será importante para acelerar o desenvolvimento de tecnologias de geminação e dar resposta às preocupações relacionadas com a digitalização. Os custos e benefícios da dupla transição devem ser claramente comunicados aos países parceiros, especialmente àqueles que são suscetíveis de serem mais negativamente afetados. Importa intensificar a diplomacia e a sensibilização ecológicas e digitais, alavancando o poder da regulamentação e da normalização e promovendo os valores da UE. A experiência da UE em matéria de comércio de licenças de emissão através da sua limitação, da tarifação da poluição e da geração de receitas para acelerar a descarbonização e apoiar os mais vulneráveis poderá inspirar outros países a utilizarem regimes semelhantes. Importa prosseguir parcerias estratégicas mutuamente benéficas, nomeadamente com países vizinhos e africanos, o que inclui a concessão de apoio financeiro a projetos relacionados com a dupla transição, com base no comércio e no investimento sem distorções, também em consonância com a Estratégia Global Gateway da UE. Para o efeito, será necessário desenvolver infraestruturas físicas verdes e digitais (5G e 6G seguras, corredores de transporte não poluentes, fontes de energia alternativas, linhas de transporte de energia limpa) e criar um ambiente propício aos projetos. As obrigações verdes podem ser um instrumento eficaz para financiar projetos de infraestruturas geminadas, a fim de garantir benefícios para todos.

**3. A UE tem de gerir estrategicamente os seus aprovisionamentos de produtos de base críticos para concretizar a dupla transição, reforçando simultaneamente as suas capacidades de defesa e preservando a competitividade da sua economia.** O desenvolvimento das capacidades internas e a diversificação das fontes de aprovisionamento ao longo da cadeia de valor serão fundamentais para reduzir significativamente as dependências estratégicas existentes e evitar o risco de as substituir por novas dependências.

---

<sup>58</sup> Em consonância com a Comunicação «Uma política de concorrência adaptada aos novos desafios» [COM(2021) 713 final].

Este aspeto reveste-se de especial importância no domínio das matérias-primas críticas, que exige uma abordagem sistémica e a longo prazo<sup>59</sup>. A UE deve reforçar a sua capacidade de monitorização dos mercados mundiais de produtos de base, a fim de antecipar e atenuar as perturbações na cadeia de abastecimento e dotar-se, se necessário, de instrumentos como a constituição de reservas e opções de contratação conjunta com vista a estar preparada para a próxima rotura do aprovisionamento. Para garantir o aprovisionamento terá de criar parcerias estratégicas com países parceiros ricos em minerais, em especial com os que partilham as mesmas ideias, bem como de desenvolver projetos nacionais de mineração e transformação, garantindo em simultâneo um elevado nível de proteção do ambiente. A UE deve igualmente apoiar e acelerar o desenvolvimento dos projetos estratégicos europeus mais valiosos, nomeadamente através da racionalização e da aceleração dos procedimentos de licenciamento, em plena conformidade com o acervo ambiental e as normas harmonizadas para a participação do público. Tal deve ser complementado com investimentos na inovação e na transição para a economia circular, no desenvolvimento de minas urbanas e na criação de um mercado de matérias-primas secundárias através da introdução de metas de recolha, de eficiência de reciclagem e de conteúdo reciclado: produtos mais duradouros e uma reciclagem de melhor qualidade diminuirão as dependências do aprovisionamento de recursos primários após 2035. São necessários esforços para promover as mais elevadas normas de sustentabilidade e a inovação, minimizar a pegada ambiental e social da cadeia de valor das matérias-primas e mobilizar a rede de acordos de comércio e investimento e a capacidade financeira da Equipa Europa para atrair investimento nos ativos da cadeia de valor das matérias-primas na UE e em países terceiros.

**4. A UE tem de reforçar a coesão social e económica no decorrer das transições.** Os trabalhadores, as empresas, os setores e as regiões em transição necessitam de apoio e incentivos específicos para se adaptarem. O diálogo social, os investimentos para a criação de emprego de qualidade e o desenvolvimento oportuno de parcerias entre os serviços públicos de emprego, os sindicatos, a indústria e os estabelecimentos de ensino são fundamentais. Tal exige igualmente o reforço da proteção social e do Estado-providência, nomeadamente dos mecanismos para prevenir ou combater de forma direcionada os impactos negativos nas comunidades e nos agregados familiares de rendimento baixo e médio e para lutar contra a pobreza, bem como dispositivos de salvaguarda do emprego e políticas de apoio às transições no mercado de trabalho para fazer face a choques. As estratégias e os investimentos de desenvolvimento regional, apoiados pela política de coesão, devem sustentar a dupla transição, reduzindo simultaneamente as disparidades económicas, sociais e tecnológicas, incluindo a injustiça ambiental. Uma conectividade segura e sem descontinuidades, incluindo nas zonas rurais e remotas, em combinação com o desenvolvimento de capacidades e competências, será fundamental para garantir que todos os cidadãos e empresas possam beneficiar da gemação.

**5. Os sistemas de ensino e formação têm de ser adaptados à nova realidade socioeconómica.** Tal implica competências de aprendizagem que possibilitem a adaptação a uma realidade tecnológica e a um mercado de trabalho em rápida transformação, bem como competências verdes e uma sensibilização para as alterações climáticas que apoiem a criação

---

<sup>59</sup> A Comunicação RePowerUE salienta que a UE deve prever urgentemente, nomeadamente através de uma proposta legislativa, um quadro adequado para apoiar os esforços dos Estados-Membros e da indústria neste domínio.

de valor na transição ecológica e uma cidadania responsável. Assegurar que a dupla transição é justa para todos depende de um aumento substancial das despesas sociais relacionadas com a geminação, por exemplo, com o ensino e a aprendizagem ao longo da vida, no âmbito de um quadro de transição justa. É necessário aumentar a mobilidade da mão de obra entre setores e a migração legal seletiva. Será igualmente essencial apoiar estilos de vida sustentáveis «que limitem o aquecimento global a 1,5 graus Celsius», envolvendo os cidadãos e as empresas, assegurando a acessibilidade dos preços e definindo políticas e infraestruturas que os animem.

**6. O investimento adicional deve ser direcionado para tecnologias e infraestruturas que apoiem a geminação.** Para reforçar a resiliência da UE e facilitar a dupla transição, é necessário que as reformas e os investimentos específicos deem resposta às vulnerabilidades a nível nacional e da UE. As políticas macroeconómicas e setoriais pertinentes têm de ser estreitamente coordenadas. É necessária reorientação dos investimentos para o longo prazo e ativos sustentáveis. A UE terá de mobilizar investimentos públicos e privados adicionais a longo prazo na geminação, especialmente em I&I em tecnologias e setores críticos, bem como na adoção de tecnologias e em sinergias entre elas, no capital humano e em infraestruturas. Para tal, é necessário um quadro facilitador. A conclusão da União Bancária e da União dos Mercados de Capitais será essencial para aumentar a robustez dos mercados financeiros, atenuar eventuais riscos futuros para a estabilidade financeira e assegurar mercados financeiros profundos e líquidos. Tal inclui a promoção de quadros de financiamento sustentável para aumentar os investimentos privados em projetos sustentáveis. A taxonomia da UE e o princípio subjacente de «não prejudicar significativamente» constituem um passo importante nesse sentido. Os investimentos adicionais exigirão instrumentos de financiamento que combinem recursos privados e públicos. Os projetos plurinacionais poderão facilitar a congregação de recursos da UE, nacionais e privados. Os contratos públicos e privados ecológicos devem ser alargados às tecnologias digitais sustentáveis. Deve ser ponderada a atribuição de subvenções à produção e ao consumo sustentáveis. O empreendedorismo social e o investimento de impacto dos intervenientes privados serão importantes. As políticas fiscais e a fiscalidade têm de ser adaptadas à dupla transição, mobilizar investimento adicional para projetos que as promovam<sup>60</sup> e fornecer sinais e incentivos adequados em matéria de preços aos produtores, utilizadores e consumidores.

**7. A orientação das transições exige quadros de acompanhamento sólidos e fiáveis.** As quatro dimensões da sustentabilidade competitiva, ou seja, a equidade, a sustentabilidade ambiental, a estabilidade económica e a produtividade, exigem uma conceção política ambiciosa e integrada, que preste atenção tanto às sinergias como às tensões. A transição necessária para um novo modelo económico exige uma abordagem integrada para medir e monitorizar o bem-estar para além do PIB, tendo em conta as gerações atuais e futuras, dentro e fora da UE. Para orientar decisões políticas que concretizem plenamente o seu potencial sustentável e beneficiar de financiamento sustentável, é necessário criar um quadro sólido a nível da UE para medir tanto os efeitos facilitadores da digitalização como a sua pegada global em termos de emissões de gases com efeito de estufa e de utilização de

---

<sup>60</sup> A recente proposta de introduzir uma dedução para reduzir a distorção dívida-capitais próprios e de limitar a dedutibilidade dos juros para efeitos do imposto sobre o rendimento das sociedades [COM(2022) 216] desempenhará um papel importante na promoção da dupla transição.

energia e de recursos, incluindo minerais e terras raras<sup>61</sup>. Dispor de informações precisas e fiáveis e de estatísticas oficiais pode ajudar os cidadãos, as empresas e as autoridades públicas a tomar decisões informadas. Em última análise, a monitorização dos dados pode ajudar a UE a avaliar se são necessárias medidas adicionais.

#### **8. Um quadro regulamentar da UE flexível e orientado para o futuro, centrado no mercado único, favorecerá modelos empresariais e padrões de consumo sustentáveis.**

O mercado único e as suas várias dimensões, por exemplo, em matéria de dados ou de energia, têm de evoluir continuamente para acompanhar a dupla transição. É necessário um melhor quadro regulamentar, com incentivos à inovação, para promover a circularidade, criar mercados propícios, reforçar os ecossistemas industriais e assegurar a diversidade dos intervenientes no mercado. Os obstáculos administrativos devem ser sistematicamente eliminados, a fim de facilitar projetos e infraestruturas relacionados com a geminação. O papel crescente dos ativos intangíveis exigirá um quadro de propriedade intelectual adequado à sua finalidade. A elaboração de políticas na UE deve continuar a explorar a utilização de soluções digitais, como os gémeos digitais, a inteligência artificial para a previsão ou a modelização nas avaliações de impacto. A geminação poderá ser mais bem analisada nas avaliações da legislação em vigor, examinando os efeitos combinados<sup>62</sup>. Os consumidores devem ser protegidos contra práticas enganosas, como o branqueamento ecológico ou a obsolescência programada. Os benefícios e os desafios das transições têm de ser debatidos com o público. A participação na tomada de decisões poderá ser reforçada com tecnologias digitais ou laboratórios vivos. Há que explorar a utilização da inteligência artificial para apoiar a participação dos cidadãos na elaboração de políticas, como foi o caso da plataforma digital desenvolvida para a Conferência sobre o Futuro da Europa.

#### **9. O estabelecimento de normas será fundamental para a geminação e para garantir a vantagem da UE enquanto precursora no que toca à sustentabilidade competitiva.**

Importa generalizar a conceção dos produtos baseada no princípio «reduzir, reparar, reutilizar e reciclar». As atuais medidas para garantir a sustentabilidade dos bens físicos na UE têm de ser acompanhadas de normas aplicáveis a todos os setores, a fim de inverter o consumo excessivo e a obsolescência programada. As recentes propostas da Comissão<sup>63</sup> no sentido de obrigar os comerciantes a fornecer aos consumidores informações sobre a durabilidade e a possibilidade de reparação dos produtos poderão constituir uma base sólida para esse efeito. A UE deve desenvolver uma abordagem mais estratégica das atividades de normalização internacional nos formatos mundiais pertinentes<sup>64</sup>. A fim de assegurar a sua aplicação, as normas internacionais têm de ser acompanhadas de meios de seguimento e rastreabilidade. Por exemplo, o estabelecimento de uma norma mundial para as baterias poderia exigir um passaporte digital para seguir a pegada ética e ambiental dos seus componentes. A utilização de normas para assegurar a interoperabilidade das tecnologias e infraestruturas de geminação permitirá igualmente a integração dos parceiros da UE no processo de execução.

---

<sup>61</sup> Estão a ser envidados alguns esforços neste sentido no âmbito da Coligação Digital Ecológica Europeia.

<sup>62</sup> Recomendação do projeto de parecer da Plataforma Prontos para o Futuro intitulado «How to favour interconnectivity between the digital and green transition, including through simplification».

<sup>63</sup> COM(2022) 143 final.

<sup>64</sup> Em consonância com «Uma estratégia da UE para a normalização» [COM(2022) 31 final].

**10. Será necessário um quadro mais sólido em matéria de cibersegurança e partilha de dados para explorar o potencial das tecnologias de geminação.** A melhoria da interoperabilidade entre os diferentes proprietários, produtores e utilizadores de dados na UE, nomeadamente os sistemas de informação nacionais e infranacionais, facilitará a partilha de dados por diferentes intervenientes: autoridades públicas, empresas, sociedade civil e investigadores. Um quadro de partilha de dados reforçado e mais seguro, que clarifique a ambiguidade em matéria de responsabilidade e propriedade aquando da transferência de dados, protegerá as pessoas e as empresas e contribuirá igualmente para aumentar a confiança e a aceitação das tecnologias de geminação. Será importante adotar abordagens comuns no que respeita aos parâmetros de referência da cibersegurança dos produtos e serviços, nomeadamente conjuntos abrangentes de regras, requisitos técnicos, normas e procedimentos. Além disso, a resiliência das entidades e infraestruturas críticas tem de ser reforçada com um quadro da UE contra todos os riscos, com vista a ajudar os Estados-Membros a assegurar que as entidades críticas possam prevenir, resistir e recuperar de perturbações. A acessibilidade dos preços das tecnologias de cibersegurança também será fundamental.



## VI. Conclusões

Uma melhor compreensão das interações entre as transições ecológica e digital é fundamental para o êxito da geminação, tendo em conta as várias megatendências e acontecimentos imprevistos futuros. Os domínios de ação apresentados na presente comunicação (ver *supra*) respondem à necessidade de maximizar as sinergias e combater as tensões entre as duas transições. Para tal, é necessária uma abordagem dinâmica que antecipe a mudança e adapte as respostas políticas e que, ao mesmo tempo, mantenha firmemente o rumo para alcançar os objetivos a longo prazo. Desta forma, até 2050, uma geminação bem-sucedida apoiará uma nova economia, regenerativa e com impacto neutro no clima, que reduzirá os níveis de poluição, restaurará a biodiversidade e o capital natural, possibilitada por tecnologias digitais e outras tecnologias sustentáveis. Ajudará a posicionar a UE como defensora da sustentabilidade competitiva e reforçará a sua resiliência e a sua autonomia estratégica aberta. Tal será acompanhado de uma transição justa, que beneficie todas as pessoas, comunidades e territórios dentro e fora da Europa.

O próximo relatório anual de prospetiva estratégica centrar-se-á nos principais desafios e oportunidades com que a Europa se deparará nas próximas décadas, fornecendo informações estratégicas relevantes para o reforço do papel da UE a nível mundial.