

ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA
MONOGRAFIAS • VOLUME 2

ENERGIA:
Perspetivas a médio e longo prazo
Parte 2

Rui Vilela Mendes (Editor)



LISBOA • 2024

Título: Energia: Perspetivas a médio e longo prazo

Editor: Rui Vilela Mendes

Série: Monografias da Academia das Ciências de Lisboa — Vol. 2

Edição: Academia das Ciências de Lisboa (<https://www.acad-ciencias.pt/>)

Data de edição: dezembro de 2024

ISBN: 978-972-623-417-3

DOI: <https://doi.org/10.58164/wnfv-bz25>

ENERGIA:

Perspetivas a médio e longo prazo

Parte 2

Rui Vilela Mendes (Editor)

ÍNDICE

Parte 1

PREÂMBULO – <i>José Luís Cardoso</i>	III
SÍNTESE DO GRUPO DE TRABALHO	V
1. CONTEXTO DA PROBLEMÁTICA DA ENERGIA	
Reflexão sobre Sociedades Modernas e Energia	1
<i>João Caraça</i>	
Energia, Clima e Crises	13
<i>Filipe Duarte Santos</i>	
2. FONTES DE ENERGIA	
Contribuição para o tema Energias Renováveis. Implicações para uma abordagem mais profunda do tema da Energia	59
<i>Manuel Collares Pereira</i>	
Energia Nuclear de Cisão	141
<i>José G. Marques e M. Felizardo</i>	
Energia Nuclear de Fusão	169
<i>Bruno Soares Gonçalves</i>	
Metais na Transição Energética	209
<i>Fernando Barriga</i>	
A Energia Geotérmica: um parceiro incontornável na transição energética	227
<i>Luís Oliveira e Silva e Amílcar Soares</i>	
Hidrogénio Renovável H ₂ (V) Um combustível para a Transição Energética	239
<i>José João Campos Rodrigues</i>	

Parte 2

3. TECNOLOGIAS DA ENERGIA

Regulação do Setor Elétrico 1

João Santana

Segunda Eletrificação 11

Pedro Carvalho

Transição Energética: A Contribuição da Geologia 29

Cristina Rodrigues, Henrique Pinheiro e Manuel Lemos de Sousa

O Papel da Indústria do Petróleo e Gás na
Transição Energética 61

Amílcar Soares

4. ANÁLISES JURÍDICO-ECONÓMICAS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Introdução e Enquadramento
Tecnologia e Sociedade com Soc. & Tec. 10 anos depois 69

Jorge Braga de Macedo com Miguel Rocha de Sousa

Modelo de referência para avaliação do esforço necessário
para a redução das emissões de CO₂: Emissões Globais, emissões
dos seis maiores poluidores e emissões de Portugal 99

José Manuel Belbute e Alfredo Marvão Pereira

Descarbonização da Economia Portuguesa:
Desafios e Oportunidades 123

Alfredo Marvão Pereira e Rui Pereira

Ambiente e Mercado Voluntário Carbono:
dilemas jurídico-económicos 135

Miguel Rocha de Sousa e António Goucha Soares

A economia política da transição energética:
enquadramento europeu e políticas nacionais 159

Annette Bongardt e Francisco Torres

Transição energética e direito da política
pública da energia 185

Maria da Glória Garcia

Regulação do sector elétrico^a

JOÃO SANTANA*

1. INTRODUÇÃO

A regulação do preço de venda de um produto e de entrada de empresas num sector é motivada pela existência de indústrias com características de monopólio natural. Estas características resultam do facto de ser mais económico uma só empresa produzir o produto ou o serviço, em vez de duas ou mais empresas em concorrência.

As empresas que operam em sectores com características de monopólio natural, não submetidas à regulação económica, podem conduzir a preços excessivos, produções não eficientes, duplicação de equipamentos ou instalações e má qualidade de serviço.

A análise económica do monopólio natural tem sido dirigida para responder a várias questões. A primeira é qual o número de fornecedores mais eficiente para fornecer um dado produto ou serviço tendo em conta os custos de produção das empresas e as características de procura? A segunda é quais são as condições que induzem certas indústrias para a existência de um só fornecedor? Nesta situação, deve deixar-se o mercado funcionar ou deve impor-se uma regulação económica ao sector?

Ao longo dos tempos, as respostas às questões anteriores têm variado e têm dependido dos contextos em que as questões foram formuladas.

* Professor Catedrático do IST, reformado, Ex-membro do Conselho de Administração da ERSE.

^a O texto que a seguir se apresenta baseia-se no trabalho de P. Joskow (2007) e na experiência do autor.

1.1 Definição de monopólio natural

Quando os custos totais de produção crescem com duas ou mais empresas a produzirem em vez de uma só, a empresa única no mercado opera um monopólio natural.

Considerando um conjunto com k empresas, cada uma produzindo a saída q^i , a quantidade produzida pelo conjunto é dada por:

$$Q = \sum_{i=1}^k q^i$$

A definição de monopólio natural baseada nos custos de produção é estabelecida pela condição:

$$C(Q) < C(q^1) + C(q^2) + \dots + C(q^k)$$

Assim, é menos custoso fornecer a quantidade Q com uma só empresa do que dividir a produção entre k empresas. A empresa única no mercado opera um monopólio natural, também se diz que o custo de produção da empresa tem a propriedade subaditiva para o nível de produção Q . Se esta propriedade se verifica para todos valores de Q , diz-se que a função de produção é subaditiva globalmente. O monopólio natural apresenta economias de escala.

A definição técnica de monopólio natural pode ser generalizada para ter em conta a empresa com múltiplos produtos de saída, sendo que, no caso de duas saídas tem-se:

$$C(q^1, q^2) < C(q^1, 0) + C(0, q^2)$$

Nesta situação, a função custo de produção apresenta economias de gama. Assim, é mais económico a empresa produzir os dois produtos ou serviços do que ter duas empresas a produzir cada um dos produtos ou serviços.

Num determinado sector industrial caracterizado por economias de escala e elevados custos fixos conduz no longo prazo a uma só empresa ou a um número muito restrito de empresas no mercado. Existem custos sociais na duplicação de instalações, quando se verificam economias de escala.

1.2 Porquê regular monopólio?

De uma forma geral, é importante reconhecer que, na realidade, não há uma “linha divisória” precisa entre indústrias que são monopólios naturais e indústrias em mercados concorrenciais imperfeitos.

A situação para a imposição da regulação do preço e da entrada de empresas em sectores industriais, na qual os fornecedores têm características de monopólio natural é estabelecida pelas seguintes condições:

- Indústrias com características de monopólio exibem piores *performances* num número de dimensões.
- É possível, na teoria e na prática, que o Governo implemente a regulação de preço e da entrada, de modo a aumentar as *performances* quando comparado com a situação obtida com o mercado não regulado.

Havendo falhas de mercado, a intervenção do Governo, através da atividade da regulação, deve colocar algumas questões:

- Quais os problemas que emergem na ausência da regulação do preço e da entrada em indústrias com características de monopólio natural?
- Que instrumento regulatório está disponível para estimular a *performance* da indústria e quais os pontos fortes e fracos?
- Tendo em conta os custos diretos e indiretos da regulação, a regulação imperfeita é superior ao mercado imperfeito?

1.3 Regulação independente

De acordo com a OCDE, a regulação económica consiste na imposição de regras emitidas pelo poder político com a finalidade específica de modificar o comportamento dos agentes económicos, nomeadamente, no sector privado.

Diferentes razões têm sido avançadas a favor da regulação, nomeadamente, limitar o poder de mercado, aumentar a eficiência ou evitar a duplicação de infraestruturas de produção em caso de monopólio natural, proteger os consumidores e assegurar um certo nível de qualidade de serviço.

A regulação de um cada vez maior número de sectores estratégicos por entidades administrativas independentes do Governo tem sido um modelo cada vez mais adotado nas sociedades modernas.

Considera-se que a regulação independente é um vetor na promoção da eficiência económica dos sectores regulados, pois permite:

- Modernizar o processo de governação, envolvendo todos os agentes interessados no processo de decisão.
- Aumentar a transparência e a informação sobre os sectores sujeitos à regulação.
- Definir tarifas e preços das atividades reguladas com características de monopólio natural de forma a maximizar a eficiência alocativa dos recursos e assegurar o equilíbrio económico-financeiro das empresas sob gestão eficiente.
- Definir níveis eficientes de qualidade de serviço e de garantia de fornecimento.

Desde há longo tempo que o conceito de comissão reguladora foi introduzido nos EUA, onde a comissão reguladora independente e especializada se baseia em dois atributos: independência da comissão e dos seus funcionários face aos poderes legislativo e executivo; e o poder para estabelecer regras de contabilidade e de vigilância das empresas reguladas.

Muita da literatura teórica e prática sobre a regulação de monopólios naturais assume que há um monopólio legal que fornece um ou mais produtos ou serviços e uma agência de regulação (comissão), cuja função fundamental é fixar para os clientes os preços dos produtos ou serviços e estabelecer uma metodologia para a remuneração da empresa regulada.

2. METODOLOGIAS DE REGULAÇÃO

2.1 Regulação do custo do serviço ou da taxa de retorno

Considera-se que a comissão reguladora conhece os custos incorridos pela empresa regulada, os quais são função da procura. Assume-se, ainda,

que a empresa regulada não atua estrategicamente para aumentar os custos e distorcer a informação detida pelo regulador.

Na realidade, a entidade reguladora não detém toda a informação da empresa regulada. Esta, em princípio, conhece melhor a sua estrutura, o que permite atuar estrategicamente de modo a obter melhores condições na sua atividade de regulação.

Muita da evolução das comissões de regulação e dos procedimentos regulatórios tem visado obter mais e melhores informação das empresas reguladas.

A regulação do custo do serviço (*cost of service regulation*), ou regulação da taxa de retorno (*rate of return regulation*), tem sido a solução tradicional nos EUA e, mais recentemente, na Europa. Assim, os resultados obtidos com esta metodologia constituem um termo de comparação (*benchmark*) para outras metodologias.

A tradicional regulação do custo do serviço é, frequentemente, criticada como sendo ineficiente. No entanto, esta crítica é, por vezes, infundada, pois esta metodologia tenta responder aos problemas de informação imperfeita e incompleta do regulador.

Na prática da regulação do custo do serviço, o processo regulatório nos EUA, para minimizar a assimetria de informação, estabeleceu algumas regras.

Os reguladores nos EUA adotaram um sistema uniforme de contabilidade para cada sector regulado: relato dos custos de capital segundo determinadas e de acordo com a valorização dos ativos, amortizações, tratamento dos impostos, categorias de custos de operação, separação das atividades reguladas das não reguladas e a questão do financiamento dos investimentos. Os relatórios elaborados pelas empresas são auditados. Deste modo, é possível estabelecer a regulação por comparação (*yardstick regulation*).

No processo regulatório, isto é, na regulação de uma empresa, não se requer que o regulador aceite todos os custos da empresa, mesmo que auditados. O regulador pode desalojar custos que entenda que não são razoáveis. O risco regulatório que advém da possibilidade da não aceitação de custos revela-se como uma pressão sobre a empresa regulada.

O principal mecanismo de regulação é o estabelecimento dos parâmetros de regulação (rate case) por um período regulatório. Este processo é público, quase judicial, no qual a agência de regulação estabelece os parâmetros de regulação para a empresa. Este processo tem duas fases: na primeira, determina-se o proveito total da empresa ou o custo do serviço total e, na segunda, desenha-se a estrutura tarifária.

O custo do serviço total tem numerosas componentes que se podem aglutinar nos seguintes grupos:

a) Custos de operação (*operating costs*) (por exemplo, combustíveis, trabalho, matérias): .

B) Custos de capital, que podem ser divididos em:

- Valor dos ativos a remunerar (*regulatory asset value*): RAV .
- Amortização dos ativos a remunerar (*depreciation*): D .
- Taxa de retorno permitida sobre os ativos a remunerar: r
- Taxa de impostos: t .

c) Outros custos: F .

O custo do serviço total no ano t é dado pela expressão:

$$R_t = OC_t + D_t + r(1 + t)RAV_t + F_t$$

Os preços regulados devem ser fixados a níveis tais que se estabeleça, para a empresa uma oportunidade razoável, os custos realizados de forma eficiente e que sejam necessários para a satisfação das obrigações de serviço, e não mais do que é necessário.

2.2 Regulação por incentivos

A teoria convencional do preço ótimo, da produção e dos investimentos realizados pelas empresas reguladas, considera que os reguladores estão, completamente, informados acerca da tecnologia, dos custos e da procura dos consumidores relativamente às empresas que regulam. Na verdade, nem sempre é assim. Os reguladores podem ter uma informação incompleta acerca dos custos de oportunidades e do comportamento da empresa.

A empresa regulada pode usar os seus conhecimentos para atuar estrategicamente no processo regulatório para aumentar os seus lucros, com prejuízo para os consumidores.

A teoria da regulação por incentivos trata dos problemas de assimetria de informação, dos constrangimentos dos contratos, da captura do regulador e de outros assuntos relativos à regulação.

A principal metodologia de regulação por incentivos envolve fixar *ex ante*, por exemplo, o preço de venda do produto. Habitualmente, é estabelecida uma fórmula do preço que começa com um preço particular, que, por sua vez, se ajusta para ter em conta variações exógenas. Esta metodologia de regulação é designada por regulação de preço ou regulação de *price cap*.

Sob a regulação de *price cap*, o regulador estabelece um preço inicial, (ou um vetor de preços). Este preço é, então, ajustado de um ano para o seguinte tendo em conta a inflação (*INF*) e um objetivo de produtividade designado por X . Assim, o preço para o ano 1 é dado por:

$$p_1 = p_0(1 + INF - X)$$

O preço para o ano τ é dado por:

$$p_t = p_{t-1}(1 + INF_{t-1} - X)$$

É necessária alguma forma de regulação do custo do serviço para estabelecer o preço no ano inicial. A metodologia de *price cap* opera durante um período estabelecido (por exemplo, três ou cinco anos), designado por período regulatório.

No final de cada período regulatório, um novo preço inicial, p_0 , e um novo valor de X são estabelecidos para um novo período regulatório. Naturalmente, para estabelecer p_0 e X , é necessário realizar o cálculo baseado na metodologia do custo do serviço.

É reconhecido que a regulação de preço máximo (*price cap*) pode contribuir para uma redução da qualidade de serviço. A entidade reguladora deve estar vigilante a este fato, devendo impor critério de qualidade a respeitar.

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE A REGULAÇÃO DO SECTOR ELÉTRICO PORTUGUÊS

No sector elétrico dos Estados Unidos da América, a regulação administrativa de preços e de entrada tem sido utilizada, extensivamente. A história da regulação nos EUA remonta a mais de um século de existência.

Na Europa, o sistema elétrico foi constituído, predominantemente, por empresas públicas. Só a partir dos anos 90 do século XX, se introduziu o conceito da regulação no sector elétrico.

O modelo organizativo do sistema elétrico português foi instituído por um conjunto de Decretos-Lei, publicados no Diário da República, em 27 de julho de 1995. Neste pacote legislativo, um dos Decretos-Lei estabeleceu os fundamentos da regulação do sector.

Os estatutos da Entidade Reguladora do Sector Elétrico (ERSE) foram estabelecidos pelo Decreto-Lei n.º 44/97, de 20 de fevereiro. A ERSE^b tem por finalidade a regulação do Sistema Elétrico de Serviço Público (SEP) e do relacionamento comercial entre este e do Sistema Elétrico Não-Vinculado (SENV).

O Sistema Elétrico de Serviço Público é constituído por:

- **Atividade de Produção**

A Direção-Geral de Energia (DGE) tem a responsabilidade do planeamento do SEP, sob proposta da entidade concessionária da Rede Nacional de Transporte. A ERSE emite um parecer sobre o plano de expansão.

A seleção de um novo centro produtor do SEP é realizada através de concurso público internacional.

Um centro eletroprodutor torna vinculado ao SEP após ter estabelecido com a concessionária da Rede Nacional de Transporte, um contrato de aquisição energia (CAE). Este contrato de vinculação é de longa duração e obriga o produtor a abastecer em exclusivo o SEP.

^b Com o alargamento das atividades ao gás natural, a ERSE passou a designar-se Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.

Nos primeiros anos da ERSE, a atividade de produção era, praticamente, toda vinculada ao SEP.

A produção não-vinculada não deriva do planeamento centralizado, mas das oportunidades de negócios dos respetivos promotores.

Nos primeiros anos da ERSE, a atividade de produção não-vinculada, praticamente, não tinha significado.

Atualmente, em 2023, e após sucessivas alterações legislativas ocorridas ao longo dos anos, toda a produção se encontra no mercado. Assim, a ERSE hoje não regula a produção ela é determinada pelo mercado.

A interligação Espanha/Portugal teve e tem hoje um papel importante na segurança de abastecimento e na estabilidade do sistema.

• **Atividade de Transporte e Gestão do Sistema**

A atividade de transporte, realizada através da exploração das instalações da Rede Nacional de Transporte (RNT), constitui o núcleo central do Sistema Elétrico Nacional.

A RNT é explorada mediante um regime de concessão do Estado e possui o exclusivo da função transporte. A empresa REN é a concessionária e tem a responsabilidade da gestão global do sistema, quer no curto prazo, através da função do Despacho, quer na proposta de planeamento a submeter à DGE.

Naturalmente, a atividade de transporte e gestão do sistema foi e é uma atividade regulada pela ERSE.

• **Atividade de Distribuição**

Em 1997, a distribuição de energia elétrica em média e alta tensão (MT e AT) estava organizada regionalmente, através de quatro empresas regionais de distribuição: Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo e Sul. Posteriormente estas quatro empresas fundiram-se uma só, EDP Distribuição.

A distribuição de energia elétrica em baixa tensão (BT) organiza-se localmente, em áreas geográficas coincidentes com a área de jurisdição de cada município. A distribuição BT tem sido assegurada pela empresa

EDP-Distribuição que transfere para cada um dos municípios uma renda proporcional ao seu consumo BT.

As redes de distribuição em AT e MT são exploradas mediante um regime de concessão do Estado e possuem o exclusivo da função de distribuição, assegurada pela EDP Distribuição, hoje designada por E-REDES.

A atividade de distribuição regulada pela ERSE decompõe-se em:

- Regulação da rede AT.
- Regulação da rede MT.
- Regulação da rede BT.

- **Atividade de comercialização**

A atividade de comercialização consiste na venda de energia elétrica aos consumidores. Assim, o comercializador faz a agregação dos custos de uma série de atividades, nomeadamente, produção, transporte, distribuição e comercialização. Tendo em conta a posição de consumidor na cadeia de valor do sistema, o comercializador estabelece o valor a pagar pelo consumidor pela energia fornecida.

Há atividades que são determinadas pelo mercado: produção e comercialização. As atividades de acesso às redes: transporte e distribuição são reguladas pela ERSE.

BIBLIOGRAFIA

- Joskow, P. (2007). "Regulation of Natural Monopolies". *Handbook of Law and Economics*.
- Santana, J., Verdelho, P., Leite Garcia, A., Resende, M.J. (2016). *Sistema Elétrico -Análise Técnico – Económica*. LIDEL.

A Rede Elétrica e a Segunda Eletrificação

PEDRO CARVALHO*

CONTEXTO HISTÓRICO

O compromisso de atingir a neutralidade carbónica em 2050 assenta numa premissa de eletrificação do consumo que só tem paralelo na história da energia elétrica com o início do Séc. XX, momento esse largamente desperdiçado em Portugal por falta de recursos: falta de carvão, como principal fonte primária de então, falta de recursos humanos qualificados, escassez de capital e um endividamento excessivo do país — fatores estruturais que a conjuntura da Primeira Guerra e da Primeira República agravaram¹.

Já os EUA e a Europa tinham redes de muito alta tensão^a e ainda a Eletrotécnica era tratada como uma especialidade dos cursos gerais de engenharia das nossas universidades. Só em 1921 foram publicados os primeiros regulamentos que criaram de raiz cursos de Engenharia Eletrotécnica no Instituto Superior Técnico e na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, na altura designada Faculdade Técnica. Este atraso manteve-se no período entre as duas guerras¹; a eletrificação do país era incipiente, apesar dos esforços envidados pelo Prof. Ferreira Dias e do contraste evidente com a Europa continental, onde as redes de energia elétrica cresciam de forma acelerada².

No pós-guerra, o panorama alterou-se radicalmente. Foi criada em Portugal uma rede elétrica nacional, interligando as incipientes redes locais, construíram-se grandes aproveitamentos hidroelétricos e centrais termoelétricas,

* Professor Catedrático, DEEC, IST.

^a A “super-rede Europeia a 400 kV” foi proposta na 2.ª Conferência Mundial de Energia, em 1930.

e expandiram-se as redes de distribuição, cuja cobertura no início da década de 70 se estendeu à quase totalidade do território. O consumo de energia eléctrica cresceu a um ritmo elevado até ao fim do Séc. XX (ver Figura 1).

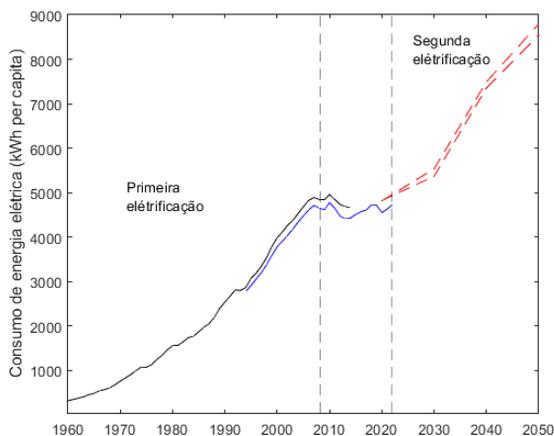


Figura 1. Evolução do consumo anual per capita de energia eléctrica em Portugal. A preto, dados do Banco Mundial^b; a azul, dados Pordata^c; a vermelho, as projeções do RNC 2050^d.

Ao elevado ritmo de eletrificação da segunda metade do século passado, seguiu-se um momento de acalmia. Muitas razões concorreram para que esse momento se situasse no tempo entre 2008 e os dias de hoje, como a crise financeira, as políticas de promoção de eficiência energética, etc. Não é isso que importa, na minha opinião, discutir aqui. O que importa é que a esse momento de acalmia parece seguir-se uma segunda vaga de eletrificação, tão grande como a primeira. As projeções que servem de base ao Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050³ traduzem um crescimento do consumo só comparável com o da primeira eletrificação (ver Figura 1). O contexto

^b World Bank para dados entre 1960–2014 (kWh/ano/pax): https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?name_desc=false&locations=PT.

^c Pordata para dados entre 1994 e 2021 (kWh/ano/pax): <https://www.pordata.pt/db/portugal/ambiente+de+consulta/tabela>.

^d Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, para projeções até 2050 (PJ/ano/pax da Figura 8/Quadro 3): https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RNC2050_PT-22-09-2019.pdf

atual é, contudo, muito diferente do da primeira metade do séc. XX. Os recursos naturais são hoje preferencialmente renováveis, e o país é rico em recursos hídricos, eólicos e solares; os recursos humanos são incomparavelmente mais qualificados, e Portugal, embora endividado, tem conseguido atrair investimento em produção renovável a custos competitivos. As oportunidades da segunda eletrificação podem, por isso, ser bem aproveitadas pelo país; os recursos são hoje muito diferentes e abundantes, quando comparados com o início do séc. XX. Mas falta assegurar a adaptação da infraestrutura de transporte e distribuição de energia elétrica — a rede.

As redes de transporte e distribuição foram concebidas para a primeira eletrificação — a primeira vaga; atingiram o seu limite no início deste século e não aguentam uma segunda vaga de crescimento do consumo. As redes têm de ser expandidas e modernizadas nos diferentes níveis de tensão e isso requer empenho do poder político. O foco das políticas públicas tem estado dirigido aos recursos energéticos e não às infraestruturas elétricas; o investimento tem sido atraído para a produção renovável, como se a existência de oferta fosse condição suficiente para a satisfação da procura. É necessária, mas não suficiente. É preciso uma infraestrutura de transporte e distribuição muito diferente da atual, que tarda em aparecer.

E o que impede essa rede de aparecer?

Uma circunstância e um equívoco concorrem para que a rede não esteja em franco desenvolvimento:

- A circunstância é a da exploração da rede ser uma atividade regulada. Por ser um monopólio natural, a evolução da rede está sujeita a controlo externo (por uma entidade reguladora), e esse controlo não está habilitado a antecipar necessidades futuras. Reage, como todo o controlo clássico, a desvios; corrige desvios com mecanismos de retroação. Não é proactivo, não é preditivo — não serve em situações de mudança acentuada como a que se antecipa na transição energética.
- O equívoco é sobre a ideia de que as insuficiências da rede se podem resolver flexibilizando a procura de energia elétrica e, portanto, sem investimento significativo na rede. A ideia feita de

que a flexibilidade da procura (consumidores), juntamente com a da oferta (produtores), permite adiar com vantagem económica grande parte do investimento necessário à segunda eletrificação assenta sobre duas premissas que não se verificam com generalidade no momento atual: uma é a de que os custos nominais do investimento na rede não vão crescer acima do custo de oportunidade e prémio de risco (taxa de atualização); a outra é a de que a incerteza na valia dos projetos de investimento confere sempre valor opcional significativo à possibilidade de adiar projetos (opções reais).

O momento atual é novo, é de transição energética. Como não se prevê que as circunstâncias se alterem, resta-nos contribuir para que o equívoco se esclareça.

A FLEXIBILIDADE COMO NOVO RECURSO

Os avanços na monitorização do consumo e produção conseguidos com a utilização de contadores “inteligentes” permitem estimar o estado do sistema elétrico e atuar sobre ele em quase tempo real, evitando com isso desequilíbrios excessivos entre consumo e produção locais que resultariam em sobrecargas e sub- ou sobretensões na rede. À capacidade de atuar sobre o sistema de forma a alterar o seu estado de operação convencionou-se chamar flexibilidade. Uma parte dessa capacidade advém da possibilidade de atuar sobre os recursos energéticos (consumo ou produção); a outra parte advém da capacidade de atuar sobre a própria infraestrutura (topologia e parâmetros dos equipamentos de rede).

A possibilidade de atuar sobre os recursos energéticos não é nova; foi valorizada no passado, em tempos de escassez de capital e de crescimento excecional do consumo. Vale a pena referir que, em meados do séc. XX, a Electricité de France criou incentivos aos grandes consumidores para serem flexíveis, na forma duma tarifa que na altura designou por tarifa “verde”, conseguindo assim reduzir substancialmente os picos de carga, poupando

centenas de milhões de dólares em investimentos nas infraestruturas⁴.

O processo de transformação digital em curso na sociedade cria novas possibilidades de atuação sobre os recursos, mas também novas possibilidades de atuação sobre a própria rede elétrica.

A atuação sobre os recursos energéticos pode ser expandida criando mercados locais de flexibilidade, em plataformas digitais, e dotando os operadores da rede de capacidade de atuação (despacho) sobre esses recursos para resolução de congestionamentos na rede. O armazenamento poderá ter um papel preponderante nestes mercados, permitindo partilhar no tempo os excedentes de algumas horas com as carências de outras. E tudo indica que parte desse armazenamento poderá emergir do próprio consumidor, das baterias do veículo elétrico e da disseminação das tecnologias *vehicle-to-everything*⁵.

Mas a partilha não tem de ocorrer exclusivamente no tempo. A rede permite partilhar no espaço os excedentes de um local com as carências de outros. Por isso, a possibilidade de aumentar a capacidade da rede para permitir partilhar excedentes no espaço deve ser combinada com a possibilidade de aumentar a capacidade de armazenamento para partilhar excedentes no tempo.

A capacidade da rede pode ser aumentada de forma convencional, reforçando a capacidade dos seus ativos, linhas, cabos e transformadores, ou reforçando os meios de atuação sobre a sua topologia, expandindo a capacidade de telecomando, e aumentando a capacidade de regulação de tensão e de trânsitos de energia na rede, tirando partido dos avanços recentes na digitalização da operação de redes.

Conjugadas, a capacidade (digital) disponibilizada pelos mercados de flexibilidade e pelos avanços na operação de redes permitem adiar algum do investimento que de outra maneira teria de ser realizado na capacidade (física) convencional da rede para evitar desequilíbrios locais e prevenir os congestionamentos que a segunda eletrificação promete fazer aparecer. É preciso, contudo, não embarcar em entusiasmos excessivos e pensar que a flexibilidade resolve o problema de investimento *tout court*. Não resolve, como a seguir se tenta mostrar.

a) Os velhos princípios

A flexibilidade, como nova capacidade digital, promete resolver congestionamentos e, com isso, explorar a rede em situações de carga mais exigentes, mais próximas da sua capacidade física durante mais tempo. Contudo, os princípios físicos que regulam os trânsitos de energia na rede são os de sempre. E esses princípios impõem que uma rede utilizada próximo da sua capacidade física seja uma má rede, uma rede muito pouco eficiente e muito pouco fiável. No que diz respeito à eficiência, a velha lei de Kelvin⁶ estabelece que a dimensão mais económica de um condutor é aquela para a qual a variação dos juros e amortização dos custos de capital com a dimensão iguala a variação (de sinal contrário) do custo anual das perdas de energia despendidos nesse condutor. Se os custos de capital, I , puderem ser decompostos em custos fixos, f , e custos variáveis, v , com a secção útil do condutor, a , e os custos das perdas, L , puderem ser expressos como proporcionais à resistência do condutor e , portanto, inversamente proporcionais à secção útil, a , desse condutor, *i.e.*, $L=k/a$, então os custos totais $C_{tot}=I+L$ podem ser expressos na secção útil como:

$$C_{tot}=f+av+k/a$$

A condição de primeira-ordem, $dC_{tot}/da=0$, determina como valor ótimo para a secção útil: $a=\sqrt{(k/v)}$.

Para os equipamentos cujos custos variáveis com a capacidade sejam reduzidos (linhas e cabos), a lei de Kelvin tem conduzido a secções elevadas e, portanto, a densidades de corrente ótimas nas linhas que são pequenas quando comparadas com a capacidade dessas linhas. As densidades de corrente ótimas, sendo pequenas, têm garantido, não só perdas adequadas, mas também uma margem de capacidade suficiente na configuração normal de exploração das redes para garantir que em caso de contingência (N-1), a rede possa ser reconfigurada sem incorrer em violações das condições de exploração⁷. Este é um caso paradigmático em que a procura pela eficiência ótima garante investimento suficiente para assegurar redundância e, portanto, uma elevada fiabilidade da rede.

Primeiro esclarecimento: A flexibilidade, como nova capacidade digital, permite adiar investimento no reforço da capacidade convencional da rede porque possibilita a resolução de congestionamentos sem alterar a infraestrutura física dessa rede, mas ao fazê-lo pode comprometer a eficiência do sistema. A flexibilidade não deve servir para aumentar a utilização de ativos de rede ou,— como se diz insidiosamente nestes dias —, para reduzir a ociosidade da rede. A ociosidade é um valor intrínseco à eficiência económica da rede elétrica, e não apenas à fiabilidade do serviço por ela prestado.

Num contexto em que a procura por energia elétrica cresce a um ritmo elevado, o facto das densidades de corrente ótimas serem pequenas só dá garantias de redundância e, portanto, de uma elevada fiabilidade da rede, no curto-prazo. A rede portuguesa está muito envelhecida (1/3 da rede de média tensão tem uma idade superior a 30 anos e 1/3 dos transformadores das subestações tem mais de 40 anos), foi projetada para consumos que, entretanto, cresceram muito e, por isso, a reserva de capacidade que a lei de Kelvin garantiu no momento em que se decidiu sobre o investimento nesses ativos foi, em muitos casos, já esgotada.

O facto de a reserva de capacidade ter sido esgotada não garante que tal reserva possa ser reposta com base nos mesmos argumentos de eficiência com que foi estabelecida à partida. É, por isso, necessário considerar explicitamente o reforço da rede, sempre que a rede não garanta redundância e, portanto, fiabilidade e segurança de abastecimento. Consideremos, por isso, agora o problema da procura explícita de reserva de capacidade com o intuito de esclarecer outro equívoco muito difundido: o de que a produção distribuída reduz significativamente as necessidades de investimento para suprir o crescimento dos consumos.

Consideremos que uma rede alimenta um conjunto de consumidores e de produtores, cujas potências são possíveis de representar por variáveis aleatórias independentes — uma variável para o consumo, C , e uma outra variável para a produção, P . Consideremos também, para simplificar, que ambas as variáveis têm distribuições gaussianas com médias, μ , e desvios padrão, σ , conhecidos.

Se a reserva de capacidade numa rede for definida com base no valor máximo da potência transitada para uma garantia probabilística pré-definida, como normalmente é, então esse valor máximo depende da garantia pré-definida. Por exemplo, numa gaussiana, o valor máximo com garantia de 98% é aproximadamente $\mu+2\sigma$.

Quando numa sub-rede ou numa saída numa subestação se ligam novos consumos e novos produtores, a capacidade requerida pelo conjunto corresponde ao valor máximo da soma das respetivas potências, $X=C+P$. Se assumirmos que as distribuições probabilísticas das potências C e P são gaussianas com médias μ_c e μ_p e desvios padrão σ_c e σ_p , respetivamente, então a variável aleatória correspondente à soma, X , tem momentos $\mu_x = \mu_c + \mu_p$ e $\sigma_x^2 = \sigma_c^2 + \sigma_p^2$. Como as potências requisitadas pelos consumidores e produtores têm sinais opostos, i) ao valor médio da soma, μ_x , corresponde um valor sempre inferior à maior das parcelas, mas ii) ao desvio padrão da soma, σ_x , corresponde um valor sempre superior à maior das parcelas. Note-se que, independentemente dos sinais das parcelas, a variância é sempre positiva e, portanto, o desvio padrão é sempre maior do que os desvios de cada uma das parcelas separadamente, consumo ou produção.

Com médias μ_x mais pequenas e desvios padrão σ_x maiores, a relação entre valor máximo do consumo e valor líquido máximo do consumo-produção depende em grande medida da garantia probabilística com que o valor máximo é definido. Para garantias elevadas, o valor máximo da carga líquida X pode aproximar-se muito do valor máximo do consumo C , quando considerado isoladamente^e.

Segundo esclarecimento: A produção distribuída não reduz significativamente o investimento necessário para suprir o crescimento dos

^e Mesmo numa situação ideal em que o valor esperado da produção iguala o do consumo, $\mu_p = -\mu_c$, a capacidade para satisfazer a soma $X=C+P$ com garantia de 98% é $X^{max} = 2\sigma_x$, que para os elevados desvios padrão típicos da distribuição, $\sigma_c/\mu_c = 0.5$ conduz a $X^{max} = 2\sqrt{2}\sigma_c \approx 2.8\sigma_c$, um valor 30% abaixo do exigido ao consumo quando considerado isoladamente, $C^{max} = \mu_c + 2\sigma_c = 42\sigma_c$. Se, nas mesmas condições, a garantia for mais exigente, e.g., de 99.9% a que correspondem três desvios padrão, a capacidade para satisfazer a soma passa a ser, $X^{max} = 3\sigma_x = 3\sqrt{2}\sigma_c \approx 4.2\sigma_c$, um valor agora 15% abaixo do exigido ao consumo quando considerado isoladamente, $C^{max} = \mu_c + 3\sigma_c = 5\sigma_c$.

consumos. Reduz o valor médio da potência líquida transitada na rede ao mesmo tempo que aumenta a variância dessa mesma potência. O resultado para o investimento necessário na rede depende dos valores máximos da potência transitada e, por isso, das garantias que se pretendem assegurar. Para garantias elevadas, a diferença entre ter e não ter geração distribuída é normalmente pequena.

Apesar do resultado qualitativo anterior ser, em geral, válido, a quantificação é na prática difícil de realizar porque a incerteza é difícil de caracterizar com realismo. Nem as distribuições probabilísticas são gaussianas, nem as variáveis são independentes. As variáveis são correlacionadas porque a atividade humana subjacente também o é, e os processos estocásticos são não-homogêneos para traduzirem as alterações de comportamento no tempo, ao longo do dia, da semana, da estação do ano, tornando o exercício de avaliação das necessidades de investimento na capacidade da rede um exercício muito exigente⁸.

À avaliação das necessidades de investimento, acresce, no novo paradigma de planeamento de redes, a necessidade de avaliar o retorno desse investimento juntamente com a possibilidade, mesmo quando o retorno é positivo, de adiar esse investimento, criando com o adiamento oportunidades para a prestação de serviços de flexibilidade (SF). No novo paradigma, os utilizadores finais de eletricidade são desafiados a evoluir de consumidores passivos a agentes ativos de forma a disponibilizarem SF que promovam a adoção de medidas de eficiência energética, cujos serviços possam aliviar de forma económica a necessidade de reforçar ou substituir capacidade instalada nas redes de distribuição de energia elétrica e apoiar uma operação eficiente e segura dessas redes^f.

b) A nova realidade

A pressão sobre a cadeia de abastecimento de ativos de rede é já hoje muito elevada, e vai aumentar. Para atingir os objetivos da descarbonização, é preciso fazer e renovar até 2040 mais de 80 milhões de quilómetros de rede, o equivalente a toda a rede mundial hoje existente⁹. Todos os países vão ser

^f Vide Diretiva UE 2019/944, art.º 32º.

confrontados com a necessidade de investir muito mais do que atualmente na rede, e preveem-se roturas nas cadeias de abastecimento no curto-prazo. Nestas circunstâncias, é esperado que os custos nominais do investimento aumentem a uma taxa superior à taxa de atualização, α , e o valor da flexibilidade seja negativo: adiar é perder uma oportunidade de investir a custos nominais mais reduzidos.

Para expor as minhas preocupações sobre este assunto vou ter de introduzir alguma notação sobre a avaliação de planos de investimento, que se baseia usualmente na metodologia de *cash-flows* atualizados (DCF) para estabelecer o valor atual líquido (VAL) dos custos de investimento e dos correspondentes benefícios operacionais. Os benefícios são medidos com base na redução de custos operacionais que o investimento possibilita. A redução é medida contra os custos de fiabilidade e perdas no ano $t=0$, aqui designados por R_0 e L_0 , respetivamente.

O VAL é definido com base na acumulação ao longo do horizonte de planeamento de benefícios variáveis no tempo, $B_t=R_0(t)-R(t)+L_0(t)-L(t)$, i.e.:

$$VAL = \sum_{t=1}^H \frac{B_t}{(1+\alpha)^t} - \sum_{t=1}^H \frac{I_t}{(1+\alpha)^t}$$

E por isso, a maximização do VAL corresponde à minimização dos custos totais no horizonte H , i.e.:

$$\begin{aligned} & \min_{p_t^*} \sum_{t=1}^H (R(t) + L(t) + I(t)) \frac{1}{(1+\alpha)^t} = \\ & = \max_{p_t^*} \sum_{t=1}^H \frac{R_0(t) - R(t) + L_0(t) - L(t)}{(1+\alpha)^t} - \sum_{t=1}^H \frac{I(t)}{(1+\alpha)^t} = \max_{p_t^*} VAL \end{aligned}$$

Considerando que o custo de um determinado investimento é afundado em $t=t_0$ e que os benefícios correspondentes ocorrem após a realização desse investimento, I_0 , então a expressão do VAL para o projeto de investimento assume a forma:

$$VAL_I = \sum_{t=t_0}^H \frac{B_t}{(1+\alpha)^t} - \frac{I_0}{(1+\alpha)^{t_0}} + \frac{I_{H-t_0}^{rem}}{(1+\alpha)^H}$$

Onde $I_{H-t_0}^{rem}$ representa o valor remanescente do investimento no fim do período de planeamento, caso a vida útil do ativo em que investiu ultrapasse esse período, $H-t_0$.

As alterações à calendarização ótima t_0 , encontrada para o investimento I , representam uma oportunidade para prestar SF. A oportunidade é viável quando o valor económico dessa alteração é positivo, coisa que pode acontecer quando parte dos custos de investimento puderem ser adiados e os congestionamentos que decorrem do adiamento puderem ser resolvidos com recurso a SF.

A oportunidade só é viável se o que se ganha em diferir do custo I_0 , durante um período T , for superior ao que se perde por investir mais tarde, *i.e.*, em $t=t_0+T$ em vez de em $t=t_0$. Considerando um período de planeamento suficientemente longo, de forma a poder desprezar $I_{H-t_0}^{rem}$ e a simplificar a análise, a viabilidade pode ser expressa pela inequação:

$$\frac{\text{Benefício de diferir}}{\text{T anos o custo } I_0} - \frac{I_0}{(1+\alpha)^{t_0}} \geq \frac{\text{Sobrecusto } I}{\text{em T anos}} \frac{I_{t_0+T} - I_0}{(1+\alpha)^{t_0+T}} + \frac{\text{Perda de B}}{\text{em T anos}} \sum_{t=t_0}^T \frac{B_t}{(1+\alpha)^t}$$

Para taxas de atualização positivas, $\alpha > 0$, o benefício em diferir o investimento I_0 é sempre positivo. Mas se o valor nominal do investimento aumentar, *i.e.*, $I_{t_0+T} > I_0$, então, o benefício em diferir pode não ser suficientemente positivo para viabilizar os SF. Os SF têm de compensar o sobrecusto de investimento e a perda de benefício associada a esse investimento no período T .

Vamos assumir que os custos nominais de investimento têm uma taxa de crescimento anual β , *i.e.*, $I_{t_0+T} = I_0(1+\beta)^T$. Se designarmos a perda de benefício por ΔB_T , a relação entre custos atualizados de investimento que garante viabilidade do SF pode ser expressa como:

$$\frac{I_0}{(1+\alpha)^{t_0}} \geq \frac{I_0(1+\beta)^T}{(1+\alpha)^{t_0+T}} + \Delta B_T$$

$$(1+\alpha)^T \geq (1+\beta)^T + \frac{\Delta B_T}{I_0} (1+\alpha)^{t_0+T}$$

O que no limite, quando a perda de benefício é insignificante comparada com o investimento $\Delta B_T/I_0 \approx 0$, estabelece que a margem para viabilizar SF só existe se $\alpha > \beta$.

Terceiro esclarecimento: As oportunidades para a prestação de SF só terão viabilidade se os custos nominais de investimento tiverem uma taxa de crescimento anual, β , inferior à taxa de atualização utilizada, α . Tal não se prevê que venha a acontecer no curto-prazo para a generalidade dos equipamentos e sua instalação e, por isso, as soluções de flexibilidade só terão valia significativa se houver grande incerteza quanto à viabilidade do projeto ou eventual escassez de recursos por parte do operador da rede (financeiros ou humanos) para realizar o investimento correspondente.

Adiar tem normalmente um benefício que não é capturado pelo VAL. Quando há grande incerteza sobre a necessidade ou valia dum projeto, adiar o início do projeto pode representar uma vantagem se, ao adiar, se conseguir decidir mais tarde com menor incerteza[§].

A incerteza tende a desvanecer-se com o desenrolar do tempo e, por isso, podemos estar dispostos a pagar alguma coisa para a deixar desvanecer. Este é o racional de valorização das opções como derivados financeiros, racional que também se aplica aos investimentos em ativos reais, não financeiros (as opções reais).

A valorização de opções é um assunto conhecido dos financeiros. Para um conjunto de cenários de realização da incerteza no tempo, valoriza-se o projeto decidindo adiar ou realizar o investimento em função da expectativa que se tenha relativamente ao VAL do projeto num determinado cenário e num determinado tempo. A incerteza pode ser representada de muitas formas. Uma forma simples é representá-la por uma árvore binária (recombinatória) de possíveis realizações do benefício do projeto no tempo, $\{B_t\}$: em cada período t , é assumido que a valorização B_t pode ser aumentada de um fator u com probabilidade p ou reduzida de um fator d com probabilidade $q=1-p$ (ver Figura 2).

[§] Na literatura este tipo de opções é normalmente designado de “American styled option”.

Na representação Binomial proposta, conhecido o benefício em $t=0$, B_0 , no período seguinte, $t=1$, o benefício assume um de dois valores: $B_1^u = uB_0$ ou $B_1^d = dB_0$. Se conhecermos a variância do logaritmo desse benefício, σ^2 , então temos $u=e^\sigma$, $d=e^{-\sigma}=1/u$, e podemos determinar analiticamente o benefício do projeto em cada nó da árvore como $B_T=B_0u^{N_u}d^{N_d}$, em que N_u e N_d são, respetivamente, o número de vezes que o benefício aumentou e o número de vezes que diminuiu no período T .

Nos nós extremos da árvore, correspondentes ao horizonte de planeamento, $t=H$ a opção é investir ou não-investir (não se pode mais adiar) e, por isso, o facto de existir a opção de não-investir evita realizar projetos que teriam valores líquidos negativos nos cenários mais desfavoráveis. O valor do projeto, é por isso, $V_{H,i}=\max\{0, B_{H,i}-I_H\}$.

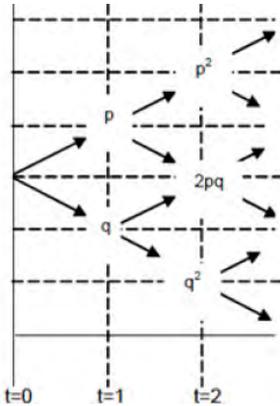


Figura 2. Representação em árvore binomial recombinação da realização no tempo de uma variável aleatória com distribuição Binomial.

Para $t < H$, retropropaga-se a valorização $V_{H,i}$ simulando um processo de decisão neutro em relação ao risco para cada nó i da árvore, começando pelo fim, $t=H$. Para cada nó i , decide-se com base no valor esperado da valorização do projeto no período seguinte, valor esse que pode ser determinado com base nas duas possibilidades que se oferecem no futuro imediato, representadas na árvore pelos nós $i+1$ e $i-1$. Comparando o valor esperado do futuro $pV_{H,i+1}+qV_{H,i-1}$ depois de descontado dos custos de oportunidade, com o valor atual $V_{H-1,i}$ caso o valor esperado do futuro seja maior do que o valor

atual, adia-se o investimento. Caso contrário, executa-se o projeto. O racional de decisão é traduzido na expressão recursiva seguinte, que deve ser usada de $t=H$ até $t=1$ para retornar o valor do projeto em V_0 :

$$V_{t-1,i} = \max \left\{ 0, B_{t-1,i} - I_{t-1}, \frac{pV_{t,i+1} + qV_{t,i-1}}{1 + \alpha} \right\}$$

Se a incerteza acerca do benefício futuro dum investimento for possível de caracterizar por um processo estacionário (i.e., se não existir uma tendência na evolução, mas apenas maior incerteza do que hoje quanto ao valor), então a relação entre probabilidade p e fatores u e d , tem de respeitar¹⁰:

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

que pode ser escrito como $pu+qd=1$ para $q=1-p$. Note-se que:

- Quando em ambas as realizações possíveis do futuro, o projeto tem valor positivo, i.e., $V_{t,i+1} > 0$ e $V_{t,i-1} > 0$, a opção de adiar o projeto em $t-1$ não acrescenta valor, porque sendo o processo estacionário, o valor esperado do futuro é igual à valorização atual do projeto, i.e., $pV_{t,i+1} + qV_{t,i-1} = puV_{t-1,i} + qdV_{t-1,i}$, o que, utilizando a igualdade $pu+qd=1$ resulta em $pV_{t,i+1} + qV_{t,i-1} = V_{t-1,i} = B_{t-1,i} - I_{t-1}$. Sendo igual^h, ao adiar perde-se o valor correspondente aos custos de capital.
- Quando numa das realizações possíveis do futuro, o projeto tem valor negativo e, por isso, $V_{t,i-1} = \max\{0, B_{t-1,i} - I_{t-1}\} = 0$ porque foi decidido nessa realização abandonar o projeto, sendo o processo estacionário, o valor esperado do futuro é agora superior à valorização atual do projeto, i.e., $pV_{t,i+1} + q0 = puV_{t-1,i}$, que com $u > 1 \Rightarrow V_{t,i+1} > V_{t-1,i}$. Sendo superior, ao adiar ganha-se valor.

O valor opcional conferido a um projeto pelos SF advém da

^h Se o processo não fosse estacionário e apresentasse uma tendência de evolução (geométrica), o valor unitário na igualdade $pu+qd=1$ seria substituído por uma exponencial no tempo, $pu+qd=e^{\delta \Delta t}$. Para tendências de evolução decrescentes do valor do projeto, $\delta < 0$, as conclusões nesta nota manter-se-iam; para tendências de evolução crescentes também, desde que a taxa de crescimento fosse inferior à taxa de atualização, $\delta < \alpha$.

capacidade de abandonar o projeto nos cenários em que este passaria a ter um VAL esperado negativo. Ao permitir abandonar, substitui-se o VAL negativo por um VAL nulo, $V_{t-1,i} = \max \{0, B_{t-1,i} - I_{t-1}\} = 0$, com isso fazendo aumentar o valor esperado do projeto sob incerteza em relação ao valor no estádio anterior.

Quarto esclarecimento: Se um projeto não tiver VAL negativo em nenhuma realização credível da incerteza no futuro, então a opção de adiar não acrescenta qualquer valor ao processo de decisão. É por isso muito importante distinguir entre projetos de investimento cuja valia é muito incerta e projetos que não oferecem dúvidas quanto à sua valia. Os primeiros devem ser considerados possíveis de adiar, em parte ou na totalidade do seu investimento, para posteriormente serem confrontados com outras soluções, menos dispendiosas em equipamento que façam uso de recursos de flexibilidade. A opção de adiar tem, para esses projetos, valia potencial. Os outros, aqueles cujas valias não se prevê que venham a ser negativas em nenhuma realização credível da incerteza, devem ser realizados imediatamente.

Esta distinção, entre valias incertas e valias certas só pode ser feita com recurso a análise probabilística — coisa que as empresas concessionárias das redes têm vindo proativamente a desenvolver —, evoluindo substancialmente a sua capacidade analítica. O facto de alguma da nova produção renovável ser de pequena escala e ligar-se à rede em locais eletricamente próximos do consumo, distribuindo-se geograficamente junto dele, dificulta em muito essa distinção. Mas o facto de ser difícil distinguir, não serve de argumento para não o fazer. É imperioso fazê-lo.

CONCLUSÃO

A reduzida utilização dos ativos de rede, em especial condutores das linhas aéreas e cabos subterrâneos, é uma característica desejável da exploração das redes. Resulta dum racional económico muito simples (lei de

Kevin), que podemos estar dispostos a comprometer em favor de outros objetivos — o ótimo é por vezes inimigo do bom —, mas é preciso entender que se trata de um compromisso: sacrificamos a eficiência em prol de outra coisa qualquer.

O mesmo se verifica com a fiabilidade e segurança. A reduzida utilização dos ativos garante normalmente uma reserva de capacidade suficiente para lidar com contingências na rede, permitindo reconfigurar essa rede para responder a situações extraordinárias. Com o aumento do consumo, aumenta-se a utilização e reduz-se a reserva de capacidade, comprometendo a redundância e, com ela, a fiabilidade. A geração distribuída faz diminuir a utilização média dos ativos, é certo, mas contribui pouco para aumentar a reserva de capacidade. A reserva de capacidade que confere redundância ao sistema é exigida com elevados níveis de garantia, e a geração distribuída, porque tem incerteza intrínseca elevada, oferece muito poucas garantias.

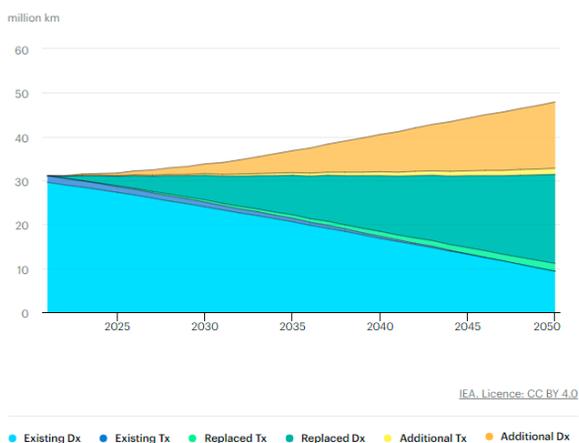


Figura 3. Alterações na rede das economias avançadas projetadas pela IEA para os compromissos anunciados para 2050⁹.

Podemos relaxar os níveis de garantia exigidos, admitindo que conseguimos atuar sobre os recursos para resolver proativamente congestionamentos, num novo paradigma de gestão flexível da rede. Mas é preciso ter cuidado com os novos paradigmas, não ser crédulo (nem incrédulo). É preciso duvidar (metodologicamente). As soluções que adiam investimento eficiente só

podem ter vantagem em relação às que o realizam, se os custos nominais desse investimento crescerem a uma taxa inferior à taxa de atualização utilizada para valorizar os custos de capital, o que não se prevê que venha a acontecer no curto-prazo para a generalidade dos equipamentos de rede.

Vejam-se, na Figura 3, as projeções para a renovação e expansão da rede nos países com economias avançadas. Os relatórios internacionais, como o mais recente da IEA⁹, apontam para um esforço de investimento no reequipamento e expansão da rede que corresponde, nos países desenvolvidos, à substituição de cerca de 60% da atual rede de distribuição, para além da sua expansão em mais de 50%. Neste contexto, os custos nominais do investimento na rede vão aumentar significativamente e, por isso, adiar investimento eficiente representa perder uma oportunidade de investir a custos mais reduzidos.

Contudo, para os projetos cujas valias são mais incertas, a opção de adiar pode ser interessante. Pode evitar fazer investimentos que no futuro se venham a revelar ineficientes com alguma probabilidade e, talvez ainda mais importante, libertar capital para investir nos projetos que têm valias mais certas. Conseguir suavizar a disrupção por que vamos ter de passar na segunda eletrificação é um aspeto crítico para o sucesso dessa eletrificação.

Por isso, é no momento atual tão importante decidir antecipar alguns investimentos como arriscar adiar outros. É preciso saber distinguir entre estes dois tipos de projetos e não adotar dogmaticamente novos paradigmas de planeamento suportados em alternativas de flexibilidade, como se a flexibilidade fosse uma alternativa sustentável ao investimento. Compete à academia mostrar que não é sustentável. Compete-lhe esclarecer este facto, assim como contribuir para que o processo de decisão subjacente ao planeamento de redes evolua de modo a que as redes suportem no futuro um serviço cada vez mais exigente, ao mesmo tempo que mantêm os elevados padrões de eficiência e fiabilidade a que todos nos habituámos.

BIBLIOGRAFIA

1. Moura, D. (1992). "História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal no Séc. XX". Notas Sobre a Engenharia Electrotécnica em Portugal no Domínio da Energia, Publicações do II Centenário da Academia das Ciências.
2. Ferreira Dias, J. N. (1932) "Aspectos da electrificação de Portugal", Técnica, (45), pp. 455-463.
3. Roteiro para a neutralidade Carbónica (RNC 2050): Estratégia de Longo Prazo para a Neutralidade Carbónica da Economia Portuguesa em 2050, Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho de 2019. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RNC2050_PT-22-09-2019.pdf
4. Boiteux, M. (1960). "Peak-load pricing", J. Bus., 33, (2), pp. 157-179.
5. Thompson, A. W., Perez, Y. (2020) "Vehicle-to-Everything (V2X) energy services, value streams, and regulatory policy implications". Energy Policy, (137), pp. 111136. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111136>
6. Semenza, G. (Oct. 1924). "The fifteenth Kelvin Lecture. Kelvin and the economics of the generation and distribution of electrical energy". Electrical Engineers, Journal of the Institution of., 62(334): 882-894.doi: 10.1049/jjee-1.1924.0116
7. Persoz, H., G. Santucci, J.-P. Lemoine, and P. Sapet (1984). "La planification des réseaux électriques". Vol. 50. Collection de la direction des études et recherches d'électricité de France. Paris: Eyrolles. <https://books.google.pt/books?id=TRepMQEACAAJ>.
8. Carvalho, P. M. S., Ferreira, L. A. F. M. and Dias, A. M. F. (2018). "Distribution grids of the future: Planning for flexibility to operate under growing uncertainty" Foundations and Trends in Electric Energy Systems. 2 (4): 324-415. doi: <http://dx.doi.org/10.1561/31000000018>
9. Electricity Grids and Secure Energy Transitions: Enhancing the foundations of resilient, sustainable and affordable power systems, International Energy Agency, Out 2023. <https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions>
10. Cox, J. C.; Ross, S. A.; Rubinstein, M. (1979). "Option pricing: A simplified approach". Journal of Financial Economics 7 (3): 229.

Transição Energética: A Contribuição da Geologia

CRISTINA FERNANDA ALVES RODRIGUES^{*|**|***}, HENRIQUE PINHEIRO^{*}
& MANUEL JOÃO LEMOS DE SOUSA^{*|**|***}

RESUMO

A transição da produção de energia dominada pelos combustíveis fósseis para as fontes de energia de carbono neutro tem sido identificada como um desafio intransponível para fazer face ao desenvolvimento de uma estratégia efetiva de mitigação das alterações climáticas. Com efeito, as emissões de dióxido de carbono (CO_2), especialmente as de origem antropogénica, são comumente consideradas como as responsáveis pelas alterações climáticas, particularmente no que respeita ao aquecimento global. No entanto, a origem antropogénica das emissões de CO_2 , as quais, por sua vez, têm sido associadas exclusivamente à combustão de combustíveis fósseis, continua a ser um tema bastante controverso. Esta polémica assenta, fundamentalmente, nos pressupostos de que existem outros gases com efeito de estufa (GEE), nomeadamente, o metano (CH_4), o qual produz um impacto ambiental mais negativo que o CO_2 , e no facto de que as causas naturais, como o sol e as atividades vulcânicas serem, igualmente, promotoras de emissões de CO_2 . Adicionalmente, é pertinente salientar que uma parte significativa das emissões de CO_2 não está associada à produção de energia, mas sim a outras indústrias, nomeadamente a indústria química e a do cimento. Assim sendo, a temática continua a ser motivo de grande discussão, começando

* I3&ID – Fundação/Universidade Fernando Pessoa.

** MARE – Centro de Ciência do Mar e Ambiente/URI Coimbra.

*** Academia das Ciências de Lisboa.

pela falta de consistência nos modelos e cenários climáticos utilizados pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (CQNUAC). O Acordo de Paris, em 2015, estabeleceu a neutralidade carbônica até 2050 como uma das metas climáticas de longo prazo, sendo que as tecnologias de captação e armazenamento de CO₂ (CAC), nomeadamente em estruturas geológicas subterrâneas, desempenham um papel crucial na relação entre energia e clima. A contribuição da geologia não se prende exclusivamente à utilização das tecnologias CAC, mas estende-se também à exploração de recursos minerais essenciais à construção de equipamento para as energias renováveis e, em última análise, ao armazenamento subterrâneo de energia associado à produção de energia a partir do hidrogénio.

1. INTRODUÇÃO

A complexidade inerente à transição energética para soluções de carbono neutro implica que as estratégias estabelecidas pelos decisores mundiais sejam claramente compreendidas. Os desafios climáticos com que nos debatemos atualmente, não são, na sua essência, uma novidade. De facto, a primeira iniciativa oficialmente desenvolvida para discutir as questões climáticas ocorreu em 1979, com a Primeira Conferência Mundial sobre o Clima. Já em 1991, foi desenvolvida a primeira estratégia europeia para o clima, com a criação do Programa Climático da União Europeia. Mais tarde, em 1997, foi elaborado o Protocolo de Quioto, que tinha como objetivo principal estabilizar as concentrações atmosféricas de GEE a um nível que evitasse uma interferência perigosa no sistema climático (UN 1997). Desde então, foram promovidas várias iniciativas, tais como os relatórios da CQNUAC e o primeiro (2000) e o segundo (2005) Programas Europeus para as Alterações Climáticas, que incluíam, respetivamente, a necessidade de identificar as políticas e medidas mais eficazes em termos ambientais e de custos que permitissem à Europa reduzir as suas emissões de GEE e a aplicação de tecnologias CAC. Em 2015, na COP21 (21st *Conference of the Parties* – 21.^a Conferência das Partes), foi adotado o Acordo de Paris sobre o

Clima, que estabelece um plano de ação política global para evitar as alterações climáticas. Esta ação tinha como principal objetivo manter o aumento da temperatura média global abaixo dos 2 °C e, se possível, no limite de 1,5 °C, em relação aos níveis pré-industriais, tendo em conta o aumento da população mundial e a necessidade de fornecimento de energia nas próximas décadas. O Acordo de Paris estabeleceu, ainda, que o objetivo anteriormente referido só poderá ser alcançado se as energias renováveis passarem a representar uma percentagem maior na matriz energética mundial, bem como a energia nuclear, e se as tecnologias CAC forem implementadas. Neste novo cenário de neutralidade carbónica surgiram novos conceitos, nomeadamente a compensação de dióxido de carbono (*carbon offsetting*) e a remoção de dióxido de carbono (*carbon dioxide removal*), que, em conjunto, podem ajudar as empresas, os processos e os produtos a tornarem-se carbono neutro, ao calcularem as suas emissões de CO₂ e ao compensarem o que produziram.

Neste contexto, é legítimo colocar a seguinte questão: qual a melhor forma de responder aos acordos políticos mencionados, tendo em conta a procura energética mundial atual e futura? Na realidade, o aprovisionamento energético mundial continua e continuará a depender fortemente dos combustíveis fósseis, por razões tecnológicas e económicas, pelo menos a curto e médio prazo. As soluções inovadoras e rápidas serão certamente as catalisadoras do desenvolvimento de alternativas à produção de energia a partir de combustíveis não fósseis, desde que sejam sustentáveis, acessíveis e capazes de reduzir o tempo necessário para atingir os objetivos de energia limpa e de emissões neutras.

Na opinião dos autores, a transição energética, ou seja, a mudança do sector energético global de energias baseadas em combustíveis fósseis para energias com emissões de carbono neutro até à segunda metade do século XXI, deve ser um dos objetivos principais, desde que se verifique um crescimento contínuo da procura global de energia, ao mesmo tempo que se abordem as preocupações e os objetivos climáticos. A transição energética tem de ser implementada de forma consciente e coerente, a fim

de alcançar uma economia limpa e circular. Para tal, serão necessários grandes esforços em termos tecnológicos e políticos, capazes de transformar a produção de energia a partir de fontes não fósseis em fontes competitivas e sustentáveis. Por conseguinte, é necessário analisar o custo da mitigação das alterações climáticas *versus* o custo da transição energética, tendo em conta os custos inerentes das energias renováveis, das baterias e da energia do hidrogénio.

Dada a necessidade de desenvolver uma estratégia internacional viável para uma transição energética limpa, o objetivo deste trabalho consiste em discutir a contribuição da geologia na aplicação das tecnologias quer da captação e armazenamento de CO₂, quer de armazenamento subterrâneo de energia.

2. TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E PROCURA ENERGÉTICA

Nas reuniões da Conferência das Partes (COP22 em Marraquexe, COP23 em Bona, COP24 em Katowice e COP25 em Madrid) realizadas após a Conferência de Paris (COP21, em 2015), foi salientado que o futuro da mitigação das alterações climáticas passa, obrigatoriamente, pelos processos de descarbonização e transição energética. Foi igualmente recomendada a necessidade urgente de alinhar a utilização de combustíveis fósseis com os objetivos climáticos, uma vez que uma transição energética radical, que exija uma utilização predominante de energias renováveis não poderá ser alcançada a curto e médio prazo. Na COP28, realizada em 2023 no Dubai, os negociadores de quase 200 países reconheceram, pela primeira vez, a necessidade de uma transição que evite os combustíveis fósseis, o que significa que “não virámos a página da era dos combustíveis fósseis”, mas representa “o princípio do fim” (UN 2023). Com o atual estado do conhecimento, não é sequer possível imaginar um abastecimento energético mundial sustentável exclusivamente a partir de fontes renováveis. A transição energética não está apenas relacionada com a produção de energia renovável, ou seja, com a substituição dos combustíveis fósseis no abastecimento energético

mundial, mas é, também, analisada (IPCC 2013) como uma oportunidade de investimento a longo prazo que irá transformar toda a cadeia energética nos próximos 30 anos.

O Pacto Ecológico Europeu (PEE, ou *EGD – European Green Deal*) consiste num conjunto de iniciativas políticas que combinam o esforço duplo de reduzir as emissões de GEE e preparar a indústria europeia para uma economia de carbono neutro, a ser alcançada através da implementação de fontes de energia renováveis (EC 2019). O PEE representa uma revolução energética impulsionada por tecnologias que substituirão rapidamente todos os combustíveis fósseis. Neste contexto, a Comissão Europeia lançou uma nova iniciativa intitulada “Uma estratégia do hidrogénio para uma Europa com impacto neutro no clima” (EC 2020). A energia do hidrogénio é, atualmente, considerada uma prioridade para a concretização do PEE e, consequentemente, para a transição energética limpa da Europa. O papel relevante do novo cenário de um sistema de carbono neutro está, evidentemente, relacionado com o facto da produção de energia a partir do hidrogénio não emitir CO_2 , uma vez que recorre a fontes de energia renováveis.

Em última análise, o mundo precisa de manter o seu aprovisionamento e o seu crescimento energético, reduzindo significativamente as emissões de CO_2 . Neste contexto, coloca-se a seguinte questão: como é possível alcançar este objetivo quando o consumo mundial de energia continua a aumentar devido ao crescimento da população, à industrialização e à melhoria da qualidade de vida? Prevê-se um aumento de 30% no consumo de energia mundial entre 2014 e 2035, principalmente devido ao rápido crescimento das economias emergentes, das quais a China e a Índia representam metade deste aumento (Figura 1). As políticas internacionais, bem como as metas estabelecidas em tratados internacionais, nomeadamente o Acordo de Paris, têm um papel muito poderoso na evolução do sector energético mundial e podem mesmo provocar desvios reais na evolução da matriz energética global. No atual cenário energético (Figura 2) é evidente que os combustíveis fósseis continuarão a desempenhar um papel importante na matriz energética mundial.

O GECF (2017) projeta ainda que, em 2040, cerca de 75% do consumo

mundial de energia primária será assegurado pelos combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão), apesar de se prever uma diminuição de 6% entre 2014 e 2040. Prevê-se um aumento substancial das energias nuclear e renovável, que corresponderão a cerca de 25% da matriz energética mundial. As energias renováveis são as fontes de energia primária que mais crescem, passando de 13%, em 1990 para 18%, em 2040. Apesar deste cenário promissor das energias renováveis, o uso direto de combustíveis fósseis continuará a ser a principal fonte de energia no mundo moderno.

Mills (2019) sugeriu que, para substituir completamente os combustíveis fósseis nos próximos 20 a 30 anos, sabendo que foram necessários 50 anos para que a produção global de petróleo e gás expandisse 10 vezes, a produção global de energia renovável teria de aumentar pelo menos 90 vezes, o que é uma proposta irrealista mesmo quando estão envolvidos esforços financeiros substanciais. É, portanto, bastante óbvio que a procura global de energia não permitirá que os objetivos do Acordo de Paris sejam cumpridos, especialmente com as atuais estratégias energéticas e climáticas, que carecem de acordos vinculativos e de mercados de carbono, como os propostos no Protocolo de Quioto.

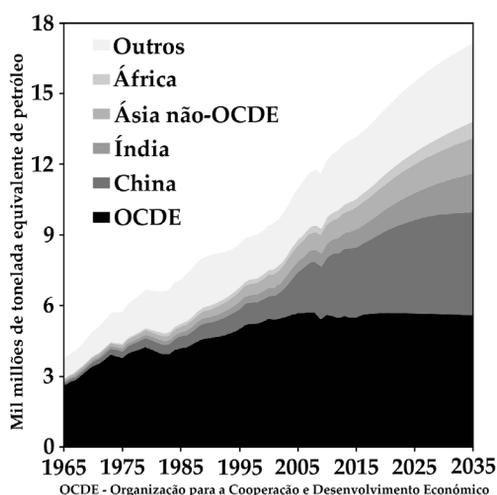


Figura 1. Consumo de energia mundial por região (modificado de BP, 2017).

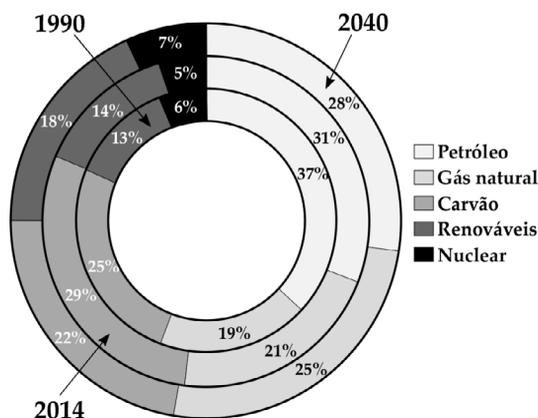


Figura 2. Evolução das participações na energia primária global, entre 1990 e 2040 (modificado de GÉCF, 2017).

A descarbonização total do sector energético implicaria a aplicação imediata das tecnologias atualmente disponíveis, mas sobretudo a utilização, a nível mundial, de tecnologias que ainda não estão no mercado. Estas novas tecnologias estão, principalmente, relacionadas com sistemas de armazenamento de baterias, eletrolisadores de hidrogénio e sistemas de captação direta de CO_2 da atmosfera e respetivo armazenamento (IEA, 2021). A BP (2020) propôs três cenários de emissões globais de CO_2 , de acordo com as tecnologias implementadas, nomeadamente *business-as-usual*, transição rápida e *net zero*. Adicionalmente, a BP (2020) e a IEA (2021) afirmaram que o pico das emissões globais de CO_2 já foi atingido (Figura 3), devido, principalmente, ao impacto provocado pelo COVID-19, e que não voltarão aos níveis anteriores à pandemia. Os três cenários de emissões de CO_2 propostos pela BP (2020) são sustentados por diferenças nas economias, nas políticas energéticas e nas preferências sociais. Um dos principais temas que tem sido discutido desde o Protocolo de Quioto é o estabelecimento de taxas de carbono e, conseqüentemente, o mercado do carbono. O cenário *business-as-usual* pressupõe um aumento das taxas de carbono de 65 USD/t nos países desenvolvidos e de 35 USD/t nos países em desenvolvimento até 2050. Em

contrapartida, tanto o cenário de transição rápida como o cenário *net zero* pressupõem um aumento substancial de 250 USD/t nos países desenvolvidos e de 175 USD/t nas economias emergentes até 2050. No cenário *business-as-usual*, as projeções apontam para emissões de CO₂ superiores a 30 Gt em 2050, apresentando um ligeiro declínio de 10% entre 2020 e 2050, o que está longe do objetivo da neutralidade carbónica estabelecido pela Comissão Europeia. O cenário de transição rápida baseia-se num conjunto de medidas políticas, lideradas por um aumento significativo das taxas de carbono e apoiadas por medidas sectoriais mais específicas, como a substituição em massa dos combustíveis fósseis tradicionais por energias não fósseis, liderada pelas energias renováveis, a fim de alcançar uma matriz energética global mais diversificada. A projeção deste cenário de transição rápida sugere um declínio de 70% até 2050, o que é coerente com os objetivos do Acordo de Paris (Figura 3).

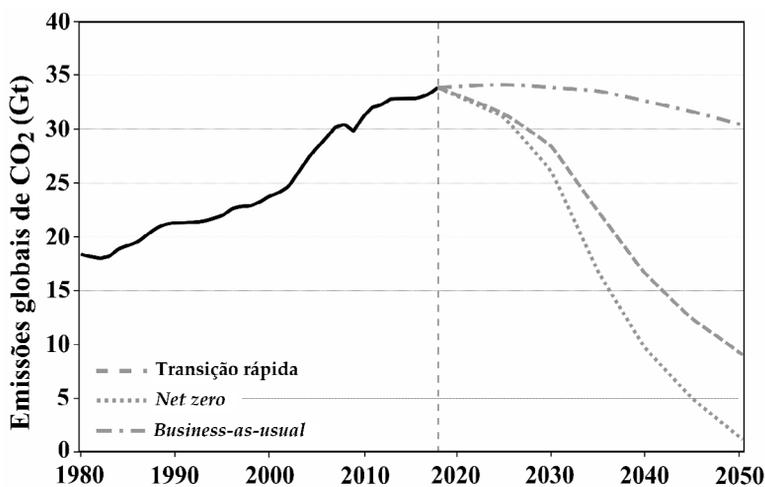


Figura 3. Cenários globais de emissões de CO₂ (modificado de BP, 2020).

Neste momento, é evidente que alcançar a neutralidade carbónica até 2050 será uma tarefa difícil, que exigirá esforços consideráveis de todas as partes envolvidas, abrangendo os aspetos social, económico, político e tecnológico. Do ponto de vista tecnológico, para além dos desenvolvimentos em novos sistemas energéticos, é inegável que a captação e armazenamento

geológico de CO₂, as chamadas tecnologias CAC e, mais especificamente, as tecnologias de captação, utilização e armazenamento de CO₂ (CUAC), devem ser incluídas como uma das potenciais soluções para cumprir os objetivos de neutralidade carbónica até 2050, tal como sugerido pelo Acordo de Paris.

3. A CONTRIBUIÇÃO DA GEOLOGIA PARA UMA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA EFICIENTE

A contribuição da geologia no árduo percurso para uma transição energética eficiente compreende diferentes abordagens. A primeira abordagem trata do importante papel que a geologia desempenha na compreensão das alterações climáticas no contexto geral da evolução do planeta Terra, oferecendo poderosas ferramentas para calibrar os futuros modelos climáticos. A contribuição da geologia abrange outras áreas de destaque relacionadas com a redução das emissões de GEE, nomeadamente: 1) matérias-primas (minerais) para a construção de equipamento das energias renováveis, 2) estruturas geológicas subterrâneas para o armazenamento seguro de hidrogénio, e (3) reservatórios geológicos subterrâneos para a sequestração/armazenamento de CO₂.

O principal foco da transição energética consiste, tal como já foi referido, em transferir a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis para fontes de energia de carbono neutro, o que implica basear a matriz energética global em fontes de energia neutras em CO₂. No entanto, estas fontes de energia e tecnologias de carbono neutro, tais como a eólica, a solar, a biomassa ou a geotérmica, requerem a prospeção e exploração de matérias primas minerais para a sua construção/implementação, as quais terão consequências óbvias muitas das vezes prejudiciais, em termos de impactos ambientais. Adicionalmente, os minerais não são apenas fundamentais para a construção de equipamentos das energias renováveis, como painéis solares fotovoltaicos e turbinas eólicas, mas, considerando a variabilidade e a intermitência destas energias, são igualmente

importantes para a construção de sistemas de armazenamento de energia em baterias.

Outra contribuição importante da geologia está relacionada com a necessidade de promover a poupança e a eficiência energética, comumente associada à produção de energia do hidrogénio, a qual pode ser alcançada através da gestão dos sistemas de calor e de frio utilizando estruturas de armazenamento subterrâneas (Dalebrook et al., 2013). A energia do hidrogénio é considerada a principal prioridade dos sistemas energéticos de carbono neutro, devido às suas características regenerativas e ao facto de ser considerada uma das soluções mais amigas do ambiente. No entanto, a energia do hidrogénio enfrenta dois grandes desafios: a sua produção e o seu armazenamento. A produção de energia do hidrogénio é complexa e, conseqüentemente, não é considerada economicamente competitiva, devendo ser produzida a partir da água ou dos combustíveis fósseis (Dalebrook et al., 2013). O hidrogénio é caracterizado por uma temperatura crítica baixa, de $-251,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, o que significa que o hidrogénio constitui um gás à temperatura ambiente e à pressão atmosférica, pelo que o seu armazenamento implica a redução de um volume enorme de gás de hidrogénio (Züttel, 2003). Apesar dos problemas consideráveis relacionados com a produção de hidrogénio, o armazenamento de grandes volumes de hidrogénio é, sem dúvida, a parte mais complexa de toda a cadeia energética do hidrogénio. Na realidade, o armazenamento de hidrogénio em si não é o principal problema, pois esta temática tem sido abordada por vários autores nas últimas décadas (Yartys & Lototsky, 2004; Zhou, 2005; Niaz et al., 2015), os quais desenvolveram seis métodos tecnicamente eficientes: 1) cilindros de gás de alta pressão (até 800 bar), 2) hidrogénio líquido em tanques criogénicos (a temperaturas de $-252,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), 3) hidrogénio adsorvido em materiais que apresentam uma área de superfície específica grande (a temperaturas de $-173,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), 4) hidrogénio absorvido nas estruturas intersticiais de um metal hospedeiro (em condições de pressão e temperatura ambiente), 5) hidrogénio ligado quimicamente em compostos covalentes e iónicos (à pressão ambiente) ou 6) oxidação de metais reativos (por exemplo, lítio, sódio, magnésio, alumínio e zinco) com a água. Este último método tem

sido utilizado no Reino Unido e nos EUA, onde o hidrogénio é armazenado em cavidades no salgema subterrâneo. No entanto, a questão problemática do armazenamento de hidrogénio pode ser evitada quando a produção de hidrogénio é apoiada pela utilização de combustíveis fósseis, comumente conhecidos como hidrogénio azul e cinzento. A produção de energia de hidrogénio azul e cinzento reflete um alinhamento eficiente entre a produção e o consumo, em que a produção ocorre nas instalações de um consumidor industrial, tornando desnecessário o armazenamento significativo de hidrogénio. Posto isto, a questão principal do armazenamento de hidrogénio prende-se com o armazenamento em grande escala, o qual constitui um procedimento comum na produção de hidrogénio verde, o qual é suportado por energias renováveis intermitentes. A figura 4 apresenta um esquema de produção e armazenamento de hidrogénio quando se utilizam fontes de energia 100% renováveis. O armazenamento temporário de grandes volumes de excedentes de energias renováveis tem, provavelmente, as estruturas geológicas subterrâneas como a solução economicamente mais viável (Schoenung, 2011; Heilek et al., 2016; Tarkowski, 2017; Andersson & Grönkvist, 2019; Karakilcik & Karakilcik, 2020). As soluções geológicas consideradas como tecnológica e economicamente mais eficientes para o armazenamento de hidrogénio são as cavidades no salgema, os campos despressurizados de petróleo, os campos despressurizados de gás e os aquíferos salinos profundos.

As cavidades no salgema, as quais são construídas em cúpulas de sal subterrâneas, representam a opção tecnológica mais desenvolvida para as instalações de armazenamento geológico de hidrogénio (Ozarlan, 2012; Lemieux et al., 2020; Liu et al., 2020). São atribuídas várias vantagens às cavidades no salgema, como a eficiência de armazenamento, dado que apenas uma pequena fração do hidrogénio injetado não consegue ser extraída da estrutura geológica, a ausência de contaminantes e, por último, os seus sistemas operacionais de alta pressão, que permitem uma extração rápida quando o hidrogénio é necessário (IEA, 2019). Neste contexto, as estruturas geológicas subterrâneas de grande escala desempenharão um papel crucial na economia energética do hidrogénio, funcionando como

centrais elétricas integradas em redes que dependem predominantemente de fontes de energia renováveis.

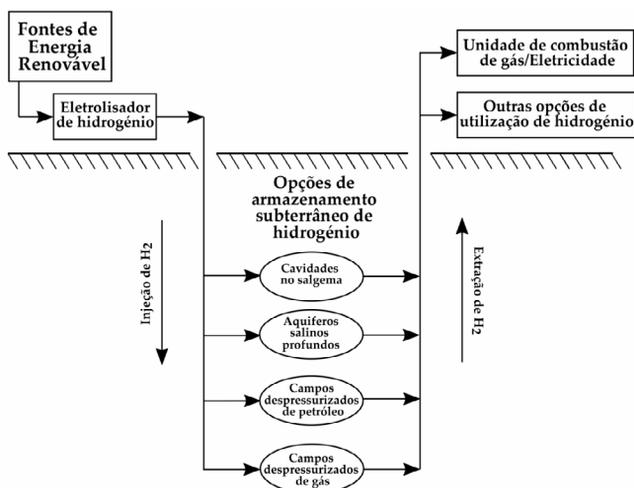


Figura 4. Esquema de um sistema de energias renováveis com uma instalação subterrânea de armazenamento geológico de hidrogénio (modificado de Tarkowski, 2019).

A última contribuição geológica, e talvez a mais controversa na estratégia de redução das emissões de GEE, principalmente de CO_2 , é representada pelas tecnologias CAC (Figura 5). As tecnologias CAC (Bui et al., 2018), tal como são definidas atualmente, foram alvo de estudos pormenorizados no início do século XXI, resultando no estabelecimento de vários critérios de seleção geológica para a sequestração/armazenamento “puro” de CO_2 . As soluções geológicas para o armazenamento de CO_2 adquiriram uma grande relevância no âmbito das medidas estratégicas de mitigação das emissões de CO_2 , que, em 2009, foi estabelecido um quadro regulador europeu para a sequestração/armazenamento geológico de CO_2 (Diretiva 2009/31/CE; Shogenova et al., 2014). A Diretiva 2009/31/CE foi tendenciosamente elaborada para soluções de sequestração/armazenamento “puro” em aquíferos salinos profundos (EC 2009). No entanto, apesar de se ter rapidamente percebido que poderiam ser uma das melhores soluções técnicas de armazenamento de CO_2 , estas são economicamente inviáveis, principalmente devido à falta de medidas estratégicas de motivação dos investidores (Celia et al., 2015; Khan et al., 2021).

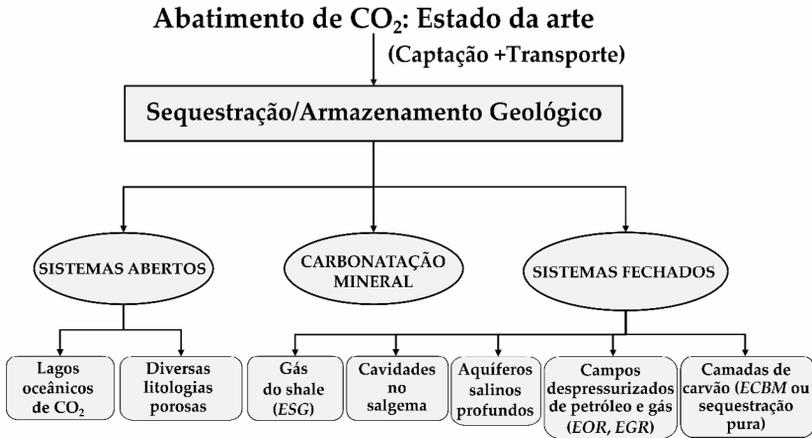


Figura 5. Soluções de armazenamento geológico para o abatimento de CO₂ (modificado de Lemos de Sousa et al., 2008).

As tecnologias CAC adquiriram uma expressão internacional tão significativa que a Comissão Europeia solicitou ao Conselho Consultivo Científico das Academias Europeias a elaboração de um relatório síntese sobre as questões inerentes às tecnologias de captação e armazenamento de CO₂ na Europa (EASAC 2013). No entanto, tornou-se mais que evidente que a abordagem das tecnologias CAC teria de começar por transformar estas tecnologias em soluções economicamente viáveis (D’Amore & Bezzo, 2017; Kapetaki & Scowcroft, 2017; Shogenova et al., 2021). O termo “utilização de CO₂” foi encarado como a solução óbvia, o que permitiu o estabelecimento de dois outros conceitos: as tecnologias de Captação, Utilização e Armazenamento de CO₂ (CAUC – *Carbon, Capture, Utilization and Storage, CCUS*) e as tecnologias de Captação e Utilização de CO₂ (CUC – *Carbon Capture and Utilization, CCU*) (Figura 6).

As tecnologias CAC, a abordagem mais difundida e tecnicamente demonstrada, incluem a captação, injeção e armazenamento de CO₂ numa estrutura geológica subterrânea com o único objetivo de armazenar permanentemente o CO₂. As tecnologias CUAC incluem métodos e tecnologias que após a captação do CO₂ numa fonte emissora, procedem à reciclagem do CO₂, o qual será posteriormente utilizado em diferentes soluções

geológicas, onde ficará armazenado de forma segura e a longo prazo. Esta abordagem técnica surgiu com o objetivo de tornar as tecnologias CAC uma solução economicamente viável, compensando os custos elevados associados. Recentemente, as tecnologias CUC têm recebido especial atenção, tanto no sector público como no privado, pois implicam a captação do CO₂ e a sua conversão, como matéria-prima renovável de CO₂, num produto comercialmente viável, em vez de o armazenar permanentemente. Nas tecnologias CUC, o CO₂ pode ser utilizado como um produto renovável em processos de conversão biológica ou química para fabricar ou sintetizar novos produtos, tais como produtos químicos, combustíveis, cimentos e plásticos, bem como em processos industriais como solventes, reduzindo assim as emissões para a atmosfera (Kätelhön et al., 2019; Peres et al., 2022).

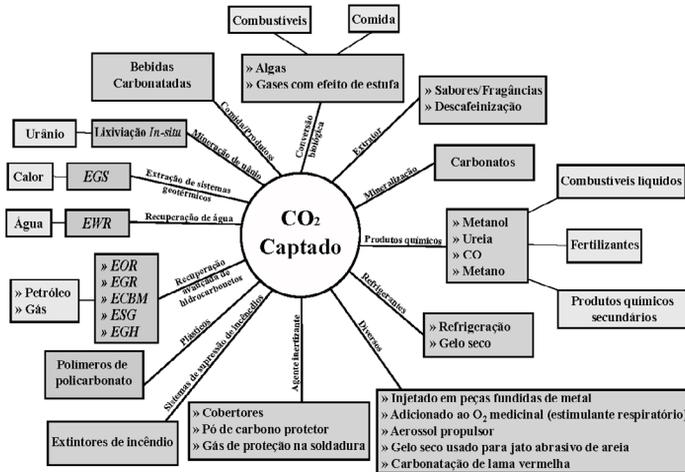


Figura 6. Opções alternativas para o abatimento do CO₂ (modificado de CSLF, 2011).

No entanto, dada a diversidade de aplicações, as tecnologias de CUC devem ser monitorizadas e avaliadas individualmente para identificar as suas diferentes contribuições para a mitigação das alterações climáticas. As tecnologias CUC não armazenam permanentemente CO₂, em vez disso, mas o CO₂ é mantido temporariamente fora da atmosfera, sendo reemitido no final do ciclo de vida do produto, que pode durar alguns dias ou anos (Abanades et al., 2017; Kätelhön et al., 2019; de Kleijne et al., 2022).

O objetivo primordial deste trabalho consiste em realçar o papel das diferentes opções geológicas na redução das emissões de CO_2 , nomeadamente as opções que permitem a utilização do CO_2 . A sequestração/armazenamento geológico de CO_2 pode ser definido como o armazenamento sistemático de quantidades significativas de CO_2 captado numa fonte emissora, em formações geológicas estáveis, profundas, porosas e permeáveis para um armazenamento a longo prazo, evitando a sua libertação para a atmosfera. As fontes emissoras podem ser representadas por centrais de produção de calor e eletricidade, instalações de produção de energia a partir de resíduos, nas centrais de biogás ou pode ser captado diretamente da atmosfera. As formações geológicas mais atrativas são as que permitem a extração de hidrocarbonetos (petróleo e gás natural), água ou minerais que, simultaneamente, promovem o armazenamento de CO_2 , induzindo uma redução significativa dos custos do armazenamento geológico de CO_2 (Tabela 1).

Tabela 1. Tecnologias de armazenamento e utilização de CO_2 (modificado de Davoodi et al., 2023).

Tecnologia	Solução geológica	Utilização
CO_2 -EOR	Reservatórios despressurizados de petróleo	Recuperação avançada de petróleo (<i>Enhanced oil recovery</i>)
CO_2 -EGR	Reservatórios despressurizados de gás natural	Recuperação avançada de gás natural (<i>Enhanced natural gas recovery</i>)
CO_2 -ECBM	Camadas de carvão não mineráveis	Recuperação avançada de metano de carvão em camada (<i>Enhanced coalbed methane recovery</i>)
CO_2 -ESG	<i>Shales</i> ricos em matéria orgânica	Recuperação avançada de gás do <i>shale</i> (<i>Enhanced shale gas recovery</i>)
CO_2 -EWR	Aquíferos salinos profundos	Recuperação de água (<i>Water recovery</i>)
CO_2 -EGS	Sistemas geotérmicos	Exploração de recursos geotérmicos (<i>Exploiting geothermal resources</i>)
CO_2 -EGH	Hidratos de gás	Recuperação de gás de hidratos (<i>Enhanced gas hydrates</i>)
$\text{CO}_2 + \text{O}_2$ In situ uranium leaching	Depósitos de minério de urânio	Extração de urânio (<i>Mining uranium</i>)

Os projetos de armazenamento geológico de CO_2 devem obedecer a vários critérios chave, os quais diferem de acordo com a solução geológica em causa (Zheng et al., 2018; Ali et al., 2022; Liu et al., 2022). No entanto, estes critérios são sustentados nos mesmos procedimentos gerais de

avaliação, nomeadamente: avaliação dos riscos; requisitos de monitorização, comunicação e verificação; simulações de reservatório; contabilização da quantidade de CO₂ que pode ser armazenada; monitorização pós-injeção e encerramento do local; avaliação económica; análise do contexto social; e questões jurídicas e regulatórias (Ajayi et al., 2019; MRI 2020). Certamente, a quantidade de CO₂ que pode ser armazenada num local geológico é um dos critérios mais importantes. Neste contexto, as camadas de carvão podem desempenhar um papel importante no quadro tecnológico das CUAC.

As tecnologias CO₂-EOR tornaram-se uma opção importante para a utilização produtiva das emissões de CO₂. De facto, o CO₂ é utilizado para melhorar a recuperação de petróleo em campos “maduros”, prolongando o seu ciclo de vida. Este processo envolve a injeção de CO₂, a qual irá repressurizar os reservatórios de petróleo, facilitando a recuperação adicional de petróleo. Dependendo das características do reservatório, a produção primária pode resultar na recuperação de até 20% do petróleo original no reservatório. A recuperação secundária, também conhecida como inundação de água, tem o potencial de recuperar mais 15% a 20% do petróleo original remanescente no reservatório. A água utilizada na fase secundária é, normalmente, a água extraída do reservatório, que é depois reciclada de volta para o reservatório. Como resultado, após as fases de recuperação primária e secundária, cerca de 65% do petróleo original permanece no reservatório (Melzer, 2012). As tecnologias CO₂-EOR consistem num tipo de recuperação terciária de petróleo que pode, potencialmente, recuperar mais 10% a 20% do petróleo original no reservatório (Gozalpour et al., 2005; Manrique et al., 2010; Elmabrouk et al., 2017). A eficiência da utilização das tecnologias CO₂-EOR é de cerca de 0,6, o que significa que por cada tonelada de CO₂ injetada são recuperadas 0,6 toneladas de petróleo adicional (Torvanger et al., 2004).

As tecnologias CO₂-ECBM apresentam semelhanças com a recuperação terciária de petróleo, mas os mecanismos de deslocação do CH₄ e de armazenamento de CO₂ são distintos dos identificados nos reservatórios de CO₂-EOR (Jikich et al., 2004). Esta tecnologia envolve a injeção de CO₂ em

camadas de carvão, especialmente em camadas de carvão não mineráveis, o qual irá deslocar o gás natural, constituído predominantemente por CH_4 (Shi & Durucan, 2005; IEAGHG, 2007). As tecnologias CO_2 -ECBM são consideradas promissoras devido às seguintes vantagens: o armazenamento de CO_2 , a redução do tempo de produção de CH_4 , a melhoria da recuperação do CH_4 e o aumento das reservas de gás natural (Jikich et al., 2004; Connell et al., 2014). O metano de carvão em camada (MCC) consiste num reservatório não-convencional, devido à natureza do armazenamento e da circulação do gás. O carvão é um meio poroso caracterizado por uma microestrutura única que permite o armazenamento de um volume de gás muito superior à sua capacidade de volume de poros (Rodrigues, 2002). Os gases no carvão são armazenados através de diferentes mecanismos: 1) adsorção física na área de superfície interna dos poros, numa forma condensada semelhante a um líquido, 2) absorção na estrutura molecular e 3) como gás livre nos poros e na rede de fraturas naturais (Rodrigues, 2002). Adicionalmente, o carvão pode ser considerado como uma das opções de armazenamento de CO_2 mais eficientes, uma vez que o armazenamento de CO_2 é realizado de forma permanente e segura a médio e longo prazo devido ao seu conteúdo elevado em matéria orgânica, superior a 50% em massa (ISO 11760 2005). A baixa injetividade do CO_2 no carvão, induzida pela sua permeabilidade baixa (geralmente inferior a 5 mD), é inegável, sendo um parâmetro desfavorável que sugere a não utilização das CO_2 -ECBM como uma tecnologia CUAC economicamente mais viável. No entanto, nas últimas décadas, tem vindo a ser utilizada uma nova tecnologia de perfuração. Esta tecnologia avançada consiste na perfuração de poços horizontais que acompanham a camada de carvão, maximizando a área de contacto com a camada de carvão e, por conseguinte, a injeção de CO_2 . Jikich et al. (2004) sugeriram um aumento de até 3 a 5 vezes a área de drenagem e de até 10 vezes o índice de produtividade nos poços horizontais, quando comparados com os poços verticais, bem como uma maior eficiência de escoamento.

As tecnologias CO_2 -EWR consistem numa nova abordagem de geoen Engenharia, sugerida como alternativa ao armazenamento tradicional de CO_2

em aquíferos salinos profundos. O princípio base destas tecnologias é semelhante ao das tecnologias CO_2 -EOR, embora neste caso a injeção de CO_2 seja utilizada como fluido de deslocamento para aumentar a recuperação de água (Wei et al., 2022). Os procedimentos operacionais das tecnologias CO_2 -EWR são semelhantes aos das tecnologias CO_2 -EOR, com a principal diferença a incidir no espaçamento entre os poços, que no caso das CO_2 -EWR é muito superior, assim como na injetividade do poço e no caudal de um único poço. As tecnologias CO_2 -EWR apresentam vantagens significativas em relação às tecnologias tradicionais de armazenamento em aquíferos salinos profundos. A produção de água salgada pode ser utilizada para controlar e atenuar a acumulação excessiva de pressão no reservatório, garantindo a segurança e a estabilidade de um projeto de armazenamento geológico de CO_2 em grande escala (Li et al., 2014; Yang et al., 2019). Adicionalmente, a água salgada produzida, após tratamento, poderá ser utilizada para uma variedade de aplicações, tais como água de arrefecimento em centrais térmicas, irrigação na agricultura e, possivelmente, como água potável, dependendo da quantidade de sólidos totais dissolvidos, produtos orgânicos e outras substâncias que precisam de ser removidas (Kobos et al., 2011; Veil et al., 2011; Li et al., 2014).

As tecnologias CO_2 -EGS consistem numa nova abordagem de energia geotérmica que utiliza o CO_2 como fluido de transmissão de calor (Brown, 2000), ao contrário do método tradicional que utilizava água. A energia geotérmica tradicional, embora considerada uma fonte de energia renovável fiável e estável (não sazonal), que utiliza o calor natural do planeta Terra para aquecer edifícios ou gerar eletricidade, a sua utilização encontra-se limitada a sistemas hidrotermais caracterizados por redes de fraturas naturais que permitem a circulação de fluidos (Pajak et al., 2021; Tagliaferri et al., 2022). No entanto, a maioria das fontes geotérmicas está localizada em rochas que não apresentam uma rede de fraturação eficiente que induza permeabilidade e, por conseguinte, a circulação de fluidos, limitando, assim, a utilização desta fonte de energia. As tecnologias CO_2 -EGS surgiram como uma forma de compensar os custos elevados tipicamente associados aos

projetos CAC, combinando a produção de energia geotérmica com o armazenamento geológico de CO_2 . O CO_2 é um fluido de transmissão de calor alternativo eficiente devido às suas propriedades termodinâmicas e hidrodinâmicas, nomeadamente 1) elevada força de flutuação induzida pela diferença significativa das densidades entre o CO_2 frio utilizado no poço de injeção e o CO_2 quente produzido no poço de produção, o que leva a uma redução do consumo de energia do sistema de circulação de fluidos, 2) viscosidade baixa, o que pode resultar em velocidades de fluxo elevadas para um determinado gradiente de pressão e 3) reatividade baixa, uma vez que o CO_2 é menos eficaz como solvente de minerais, eliminando ou, pelo menos, reduzindo os problemas de dissolução e precipitação típicos nos sistemas de água (Brown, 2000; Randolph et al., 2012; Lei 2022).

Os hidratos de gás natural são compostos cristalinos semelhantes ao gelo, que se caracterizam por uma rede de água, na qual estão aprisionadas moléculas de gás (Torré et al., 2011; Gambelli et al., 2023). A formação de hidratos de gás é um processo de cristalização que envolve a nucleação e o crescimento de cristais, seguido de uma grande fase de acumulação, que é principalmente um processo físico e não químico (Srivastava et al., 2022). As condições necessárias para a formação de hidratos de CO_2 são menos rigorosas do que para outros gases. Por exemplo, a uma temperatura de 0°C , a pressão necessária para a formação de hidratos de CO_2 é de 3,8 MPa, ao passo que para a formação de hidratos de N_2 é de 15 MPa e de 10 MPa para a formação de hidratos de O_2 (Ndlovu et al., 2024). Estima-se que a quantidade de CH_4 armazenada nos hidratos de gás natural seja significativamente superior à de todos os combustíveis fósseis comprovados. Assim, os hidratos de CH_4 têm potencial para se tornarem uma importante fonte de energia, devido à sua elevada densidade energética e às menores emissões de CO_2 em comparação com o carvão e o petróleo, o que poderá, simultaneamente, ajudar a otimizar a matriz energética global e contribuir para a mitigação das alterações climáticas (Torré et al., 2011; Pandey et al., 2020). No entanto, os métodos convencionais de extração de hidratos (i.e., despressurização, estimulação térmica e injeção de inibidores químicos) baseiam-se

na dissociação, pelo que existe o risco de o CH_4 ser libertado para a atmosfera devido à sua rápida decomposição, o que aceleraria o efeito de estufa em vez de o atenuar (Lee et al., 2017; Pandey et al., 2020). As tecnologias CO_2 -EGH consistem num método não destrutivo de recuperação de CH_4 , que recorre à injeção de CO_2 . Este método consiste na substituição de moléculas de CH_4 por um número igual de moléculas de CO_2 .

A lixiviação *in situ* (ISL), também conhecida como recuperação *in situ* (ISR – *In situ Recovery*), é considerada a forma mais limpa, ecológica e económica de produzir urânio (IAEA 2009). Este método ISL oferece várias vantagens em relação aos métodos de escavação tradicionais, nomeadamente: a profundidade não é um parâmetro crítico; o processo ocorre diretamente dentro dos depósitos naturais de minério, evitando perturbações e escavações extensas da superfície; o tempo de construção é curto e os custos mínimos de infraestruturas; o processo de extração mineira é seguro e simples; o impacto ambiental é mínimo, uma vez que se previne a produção de resíduos de rocha, poeiras radioativas e emissões; e aumenta o valor industrial dos depósitos de urânio de baixa qualidade (Xu et al., 2011; Degueldre, 2017; Asghar et al., 2020; Li & Yao, 2024). O método ISL utiliza diferentes soluções de lixiviação, como a lixiviação ácida ($\text{pH} < 2$), a lixiviação alcalina ($\text{pH} > 9$), a lixiviação neutra (pH : 6,8 – 8,2, incluindo a lixiviação de $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ e a lixiviação de ácidos fracos) e a biolixiviação (soluções que contêm microrganismos específicos) (Li e Yao, 2024). A lixiviação *in situ* neutra de $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ é atualmente considerada um dos métodos mais eficazes para a exploração de depósitos de minério de urânio, em comparação com outras técnicas aplicáveis a depósitos de minério de urânio com permeabilidade baixa, teor em urânio baixo, teor em carbonato alto e salinidade elevada, e apresenta um impacto ambiental potencialmente menor (Asghar et al., 2020; Yang et al., 2022; Qiu et al., 2023; Zhang et al., 2023). O processo ISL pode também desempenhar um papel proativo na remoção de CO_2 , em vez de ser simplesmente uma técnica utilizada para evitar emissões de CO_2 .

Em última análise, é pertinente referir que ao longo dos últimos anos, as tecnologias CAC têm sido aplicadas em todo o mundo, tanto na sequestração/armazenamento puro de CO₂ como na utilização e sequestração/armazenamento de CO₂. No entanto, devido aos custos elevados envolvidos em todo o processo, as tecnologias CUAC são efetivamente as mais implementadas. De acordo com o modelo *Economic Forecasting and Policy Analysis* (EPPA), desenvolvido pelo Massachusetts Institute of Technology, o qual compreende um conjunto de pré-requisitos para avaliar a capacidade de armazenamento de uma infraestrutura (MRI 2019), estima-se que a capacidade total de armazenamento geológico de CO₂ acessível no mundo se situe entre 8000 e 55 500 Gt, dependendo do cenário selecionado. Considerando os pré-requisitos necessários para a realização de uma avaliação eficiente da capacidade de armazenamento de um local, foram selecionadas dezoito regiões para o modelo (Tabela 2). Este modelo apresenta duas abordagens distintas: 1) uma estimativa inferior, em que é utilizado um fator de capacidade de armazenamento de 0,037 Gt de CO₂ armazenado por 1000 km³ da bacia sedimentar e 2) uma estimativa superior, em que é utilizado um fator de capacidade de armazenamento de 0,26 Gt de CO₂ por 1000 km³ da bacia sedimentar. Assim sendo, tendo em conta as projeções de emissões globais anuais de CO₂ propostas pela BP (British Petroleum) (2020), que afirma que o pico global de CO₂ foi atingido em 2020, com emissões totais anuais de CO₂ de aproximadamente 35 Gt (Figura 12), o modelo EPPA sugere que, no cenário de estimativa inferior, a capacidade de armazenamento global será capaz de armazenar o CO₂ emitido durante aproximadamente 228 anos e, no cenário de estimativa superior, a redução de CO₂ através de tecnologias de CAC teria lugar durante aproximadamente 1585 anos.

A curto e médio prazo, as tecnologias CAC parecem ser uma opção plausível para reduzir as emissões de CO₂ no sector industrial. De facto, estas tecnologias são atualmente reconhecidas como a solução tecnológica que permitirá alcançar os objetivos climáticos globais, ou seja, atingir a neutralidade carbónica até 2050, apesar dos vários desafios relacionados com

custos, infraestruturas e incentivos que têm de ser ultrapassados. Nas últimas décadas, foram feitos progressos significativos neste domínio. Um dos primeiros projetos de CAC nos EUA, iniciado em 1972, continua em funcionamento, no qual o CO₂ é captado numa instalação de fertilizantes e utilizado num projeto de EOR (CSLF 2019). No entanto, foi durante a última década que a implementação de projetos CAC aumentou a nível mundial. O sistema de classificação de instalações proposto pelo CSLF identificou duas categorias principais com base na sua capacidade anual de captação de CO₂, nomeadamente, instalações CAC de grande escala (capacidade de captação superior a 0,4 Mt/ano) e instalações CAC piloto e de demonstração (capacidade de captação inferior a 0,4 Mt/ano) (CSLF 2019). No entanto, o Global CCS Institute (2020) propôs um novo sistema de classificação das instalações CAC, que se baseia, principalmente, no parâmetro do retorno comercial estabelecido durante o seu funcionamento, para além da lista de pré-requisitos gerais (CSLF 2019).

Tabela 2. Estimativa da capacidade de armazenamento global de CO₂, por região, de acordo com a EPPA (MRI 2019).

Região	Capacidade de armazenamento estimada (Gt)	
	Estimativa inferior (0,037 Gt/1.000 km ³)	Estimativa superior (0,26 Gt/1.000 km ³)
África	1.563	10.986
Austrália e Nova Zelândia	595	4.184
Ásia	119	834
Brasil	297	2.087
Canadá	318	2.236
China	403	2.830
Europa	302	2.120
Indonésia	163	1.144
Índia	99	697
Japão	8	59
Coreia	3	24
Outros países da América Latina	606	4.257
Médio Oriente	492	3.454
México	138	967
Ásia Oriental	272	1.911
Outros países da Eurásia	485	3.410
Rússia	1.234	8.673
Estados Unidos da América	812	5.708
Global	7.910	55.581

Assim, a nova classificação estabeleceu as seguintes categorias: 1) instalações comerciais de CAC e 2) instalações piloto e demonstrativas de CAC. Atualmente, existem 65 instalações comerciais de CAC e 34 instalações-piloto e de demonstração de CAC em todo o mundo, localizadas sobretudo na América do Norte, Europa e Ásia. Das 65 instalações comerciais de CAC, 26 estão em funcionamento e podem captar e armazenar permanentemente cerca de 40 Mt de CO₂ por ano. No cenário atual, recorrendo a tecnologias CAC, só é possível reduzir cerca de 0,11% das atuais 35 Gt de emissões anuais de CO₂ em todo o mundo. Neste momento, é evidente que são necessárias melhorias significativas em toda a cadeia energética para se atingir a neutralidade carbónica até 2050, sendo de esperar que as tecnologias CAC desempenhem um papel essencial neste desafio.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Num mundo em constante mudança, com uma forte dependência das fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis e que procura fazer a transição para novas fontes de energia mais limpas, as preocupações com a segurança energética são maiores. Essa transição tem de ser o menos onerosa possível e deve ter em linha de conta o retorno energético do investimento em energia, para que sejam adotadas medidas e políticas sensatas. Os investimentos atuais favorecem significativamente as energias renováveis, mas parece que o trabalho está a ser realizado à custa de um aumento significativo da extração de recursos naturais, intensificando as pressões ambientais.

Em suma, é evidente que o sistema de transição energética, baseado na substituição dos combustíveis fósseis, que em 2021 eram responsáveis por cerca de 80% da energia primária global, por fontes renováveis, é um passo essencial exigido pelo sector energético global, de forma a tentar cumprir as metas de neutralidade carbónica até 2050, tarefa considerada difícil, senão impossível. A transição energética deve ser conduzida de forma gradual e consistente para evitar quebras nas cadeias energéticas e no desenvolvimento humano, ao mesmo tempo que se procura mitigar as alterações

climáticas. Para atingir a neutralidade carbônica até 2050 é necessário um esforço multidisciplinar significativo em todos os sectores, que implica mudanças ou aperfeiçoamentos radicais para reduzir significativamente o consumo de combustíveis fósseis, o que só pode resultar de processos que ainda não estão disponíveis.

A contribuição da geologia para a transição energética, que faz parte do esforço para atingir o objetivo de carbono zero até 2050, é multifacetada. As baterias necessárias para armazenar a energia produzida a partir de fontes renováveis intermitentes requerem matérias-primas minerais. As instalações em grande escala necessárias para armazenar grandes volumes de hidrogênio podem ser fornecidas por estruturas geológicas, como cavidades no salgema, reservatórios despressurizados de petróleo e gás e aquíferos salinos profundos. Por último, dado que uma transição rápida para um sistema energético sem combustíveis fósseis é atualmente impossível, a solução mais eficiente para reduzir as emissões de CO₂ é aplicar em tecnologias de redução do CO₂, como as tecnologias CAC, selecionando as melhores estruturas geológicas subterrâneas através de um conjunto de critérios-chave.

REFERÊNCIAS

- Abanades, J. Carlos, Eduward S. Rubin, Marco Mazzotti, & Howard J. Herzog. 2017. On the climate change mitigation potential of CO₂ conversion to fuels. *Energy & Environmental Science* 10(12): 2491-2499. Doi: 10.1039/c7ee02819a
- Ajayi, Temitope, Jorge Salgado Gomes, & Achinta Bera. 2019. A review of CO₂ storage in geological formations emphasizing modelling, monitoring and capacity estimation approaches. *Petroleum Science* 16(5-6): 1028-1063.
- Ali, Muhammad, Nilesh Kumas Jha, Nilanjan Pal, Alireza Keshavarz, Hussein Hoteit, & Mohammad Sarmadivaleh. 2022. Recent advances in carbon dioxide geological storage, experimental procedures, influencing parameters, and future outlook. *Earth-Science Reviews* 225(14): 103895. Doi: 10.1016/j.earscirev.2021.103895
- Andersson, Joakim, & Stefan Grönkvist. 2019. Large-scale storage of hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy* 44: 11901-19.
- Asghar, Fiaz, Zhanxue Sun, Gongxin Chen, Yipeng Zhou, Guangrong Li, Haiyan

- Liu, & Kai Zhao. 2020. Geochemical Characteristics and Uranium Neutral Leaching through a CO₂ + O₂ System—An Example from Uranium Ore of the ELZPA Ore Deposit in Pakistan. *Metals* 10(12): 1616. Doi: 10.3390/met10121616
- BP (British Petroleum). 2017. BP Energy Outlook: 2017 edition. London: British Petroleum, p. 103.
- BP (British Petroleum). 2020. BP Energy Outlook: 2020 edition. London: British Petroleum, p. 157.
- Brown, Donald W. 2000. A hot dry rock geothermal energy concept utilizing supercritical CO₂ instead of water. In: *Proceedings of the Twenty-Fifth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*. Stanford University: California, pp. 233-238.
- Bui, Mai, Claire S. Adjiman, André Bardow, Edward J. Anthony, Andy Boston, Solomon Brown, Paul S. Fennell, Sabine Fuss, Amparo Galindo, Leigh A. Hackett, Jason P. Hallett, Howard J. Herzog, George Jackson, Jasmin Kemper, Samuel Krevor, Geoffrey C. Maitland, Michael Matuszewski, Ian S. Metcalfe, Camille Petit, Graeme Puxty, Jeffrey Reimer, David M. Reiner, Edward S. Rubin, Stuart A. Scott, Nilay Shah, Berend Smit, J. P. Martin Trusler, Paul Webley, Jennifer Wilcox & Niall Mac Dowell. 2018. Carbon capture and storage (CCS): The way forward. *Energy & Environmental Science* 11: 1062-176.
- Celia, Michael Anthony, Stefan Bachu, Jan Martin Nordbotten, & Karl W. Baddilla. 2015. Status of CO₂ storage in deep saline aquifers with emphasis on modeling approaches and practical simulations. *Water Resources Research* 51: 6846-92.
- Connell, Luke D., Zhejun Pan, Michael Camilleri, Meng Shangzhi, David Down, John Carras, Zhang Wenzhong, Fu Xiaokang, Guo Benguang, Cameron Briggs, & Nicholas Lupton. 2014. Description of a CO₂ enhanced coal bed methane field trial using a multi-lateral horizontal well. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 26: 204-219. Doi: 10.1016/j.ijggc.2014.04.022
- CSLF (Carbon Sequestration Leadership Forum). 2011. What is carbon utilization? CCS inFocus: Carbon Capture and Storage. 7p.
- CSLF (Carbon Sequestration Leadership Forum). 2019. Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS) and Energy Intensive Industries (EIIs). Chatou: Carbon Sequestration Leadership Forum.
- D'Amore, Federico, & Fabrizio Bezzo. 2017. Economic optimisation of European

- supply chains for CO₂ capture, transport and sequestration. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 65: 99-116.
- Dalebrook, Andrew F., Weijia Gan, Martin Grasemann, Séverine Moret, & Gábor Laurenczy. 2013. Hydrogen storage: Beyond conventional methods. *Chemical Communications* 49: 8735-51.
- Davoodi, Shadfar, Mohammed Al-Shargabi, David A. Wood, Valeriy S. Rukavishnikov, & Konstantin M. Minaev. 2023. Review of technological progress in carbon dioxide capture, storage, and utilization. *Gas Science and Engineering* 117: 205070. Doi: 10.1016/j.jgsce.2023.205070
- Degueldre, Claude. 2017. Uranium as a renewable for nuclear energy. *Progress in Nuclear Energy* 94: 174-186. Doi: 10.1016/j.pnucene.2016.03.031
- EASAC (European Academies Science Advisory Council). 2013. Carbon capture and storage in Europe. (EASAC Policy Report 20). Halle (Saale): German National Academy of Sciences Leopoldina, p. 86.
- EC (European Commission). 2009. Directive 2009/31/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Geological Storage of Carbon Dioxide. Brussels: European Commission.
- EC (European Commission). 2019. The European Green Deal. [COM (2019) 640 Final]. Brussels: European Commission, p. 24.
- EC (European Commission). 2020. A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe. [COM (2020) 301 Final]. Brussels: European Commission, p. 23.
- Elmabrouk, Saber Kh., Husen E. Bader, & Walid Mohamed Mahmud. 2017. An Overview of Power Plant CCS and CO₂-EOR Projects. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Rabat: Marocco. 12p.
- Gambelli, Alberto Maria, Xhino Rushani, Daniela Pezzolla, Federico Rossi, & Giovanni Gigliotti. 2023. Production of CO₂ Hydrates in Aqueous Mixtures Having (NH₄)₂SO₄ at Different Concentrations; Definition of Consequences on the Process Evolution, Quantification of CO₂ Captured and Validation of Hydrates Production as Technique for Ammonium Removal from Waste Water. *Sustainability* 15(12): 9841.
- GECF (Gas Exporting Countries Forum). 2017. *Global Gas Outlook 2017*. Doha: Gas Exporting Countries Forum, p. 96.
- Global CCS Institute. 2020. *The Global Status of CCS 2020 - CCS Vital to achieve Net-Zero*. Melbourne: Global CCS Institute, p. 44.
- Gozalpour, F., S.R., Ren, & B. Tohidi. 2005. CO₂ EOR and Storage in Oil Reservoir. *Oil & Gas Science and Technology* 60(3): 537-546. Doi: 10.2516/ogst.2005036

- Heilek, Christian, Philipp Kuhn, & Maximilian Kühne. 2016. The Role of Large-Scale Hydrogen Storage in the Power System. In *Hydrogen and Fuel Cell*. Edited by Johannes Töpler and Jochen Lehmann. Berlin: Springer, pp. 21-37.
- IEA (International Energy Agency). 2019. *The Future of Hydrogen Seizing Today's Opportunities*. Report Prepared by the IEA for the G20 Japan. Paris: International Energy Agency, p. 203.
- IEA (International Energy Agency). 2021. *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*. Special Report. Paris: International Energy Agency, p. 223.
- IEAGHG (International Energy Agency, Greenhouse Gas R&D Programme). 2007. *Status Report on CO₂-ECBM Research Activities*. Report Number 2007/TR1. February 2007. 5p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press, p. 203. Available online: www.ipcc.ch/report/ar5/wg1 (accessed on 28 June 2021).
- ISO 11760. 2005. *Classification of Coals*. Geneva: International Organization for Standardization, p. 9.
- Jikich, Sinisha A., Grant S. Bromhal, William Neal Sams, F. Burcu Gorucu, Turgay Ertekin, & Duane H. Smith. 2004. *Economics for Enhanced Coalbed Methane (ECBM) and CO₂ Sequestration with Horizontal Wells*. Proceedings of SPE Eastern Regional Meeting. Charleston: West Virginia. Paper Number: SPE-91391-MS. Doi: 10.2523/91391-ms
- Kapetaki, Zoe, & John Scowcroft. 2017. *Overview of Carbon and Storage (CCS) demonstration project business models: Risks and Enablers on the sides of the Atlantic*. *Energy Procedia* 114: 6623-30.
- Karakilcik, Hatice, & Mehmet Karakilcik. 2020. *Underground Large-Scale Hydrogen Storage*. In *Accelerating the Transition to a 100% Renewable Energy Era*. Edited by Tanay Sidki Uyar. Istanbul: Springer, Volume 74, pp. 375-92.
- Kätelhön, Arne, Raoul Meys, Sarah Deutz, Sangwon Suh, & André Bardow. 2019. *Climate change mitigation potential of carbon capture and utilization in the chemical industry*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(23): 11187-11194. Doi: 10.1073/pnas.1821029116
- Khan, Chawarwan, Julie K. Pearce, Suzanne D. Golding, Victor Rudolph, & Jim R. Underschultz. 2021. *Carbon Storage Potential of North American*

- Oil & Gas Produced Water Injection with Surface Dissolution. *Geosciences* 11: 123-32.
- de Kleijne, Kiane, Steef V. Hanssen, Lester van Dinteren, Mark A. Huijbregts, Rosalie van Zelm, & Heleen de Coninck. 2022. Limits to Paris compatibility of CO₂ capture and utilization. *One Earth* 5(2): 168-185.
- Kobos, Peter H., Malynda A. Cappelle, Jim L. Krumhansl, Thomas A. Dewers, Andrea McNemar, & David J. Borns. 2011. Combining power plant water needs and carbon dioxide storage using saline formations: Implications for carbon dioxide and water management policies. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 5(4): 899-910. Doi: 10.1016/j.ijggc.2011.03.015
- Lee, Yohan, Young-ju Seo, Taewoong Ahn, Jaehyoung Lee, Joo Yong Lee, Se-Joon Kim, & Yongwon Seo. 2017. CH₄ – Flue gas replacement occurring in sH hydrates and its significance for CH₄ recovery and CO₂ sequestration. *Chemical Engineering Journal* 308: 50-58. Doi: 10.1016/j.cej.2016.09.031
- Lei, Hongwu. 2022. Performance Comparison of H₂O and CO₂ as the Working Fluid in Coupled Wellbore/Reservoir Systems for Geothermal Heat Extraction. *Frontiers in Earth Science* 10: 819778.
- Lemieux, Alexander, Alexi Shkarupin, & Karen Sharp. 2020. Geologic feasibility of underground hydrogen storage in Canada. *International Journal of Hydrogen Energy* 45: 32243-59.
- Lemos de Sousa, Manuel, Cristina Fernanda Rodrigues, Maria Alzira Dinis, & Gisela Marta Oliveira. 2008. Overview on CO₂ Geological Sequestration. Porto: Universidade Fernando Pessoa.
- Li, Guihe, & Jia Yao. 2024. A Review of In Situ Leaching (ISL) for Uranium Mining. *Mining* 4(1): 120-148. Doi: 10.3390/mining4010009
- Li, Qi, Ya-Ni Wei, Guizhen Liu, & Hui Shi. H. 2014. CO₂-EWR: A Cleaner solution for Coal Chemical Industry in China. *Journal of Cleaner Production* 103(8): 330–337. Doi: 10.1016/j.jclepro.2014.09.073
- Liu, Guizhen, Bofeng Cai, Qi Li, Xian Zhang, & Tao Ouyang. 2022. China's pathways of CO₂ capture, utilization and storage under carbon neutrality vision 2060. *Carbon Management* 13(1): 435-449. Doi: 10.1080/17583004.2022.2117648
- Liu, Wei, Zhixin Zhang, Jie Chen, Deyi Jiang, Fei Wu, Jinyang Fan, & Yiping Li. 2020. Feasibility evaluation of large-scale underground hydrogen storage in bedded salt rocks of China: A case study in Jiangsu province. *Energy* 198: 117348.
- Manrique, E.J., C.P. Thomas, R. Ravikiran, M. Izadi Kamouei, M. Lantz, J. Romero, & V. Alvarado. 2010. EOR: Current Status and Opportunities. *SPE*

- Improved Oil Recovery Symposium. Tulsa: Oklahoma, USA. Paper Number: SPE-130113-MS. Doi: 10.2118/130113-ms
- Melzer, L. Stephen. 2012. Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery (CO₂ EOR): Factors Involved in Adding Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) to Enhanced Oil Recovery. CO₂ Consultant and Annual CO₂ Flooding Conference Director. Midland. 17p.
- Mills, Mark P. 2019. The “New Energy Economy”: An Exercise in Magical Thinking. New York: Manhattan Institute, p. 23.
- MRI (Mitsubishi Research Institute). 2019. Think & Act. Corporate Communications Division. Tokyo: Mitsubishi Research Institute, Available online: https://www.mri.co.jp/en/about-us/info/group_report/index.html (accessed on 5 July 2021).
- MRI (Mitsubishi Research Institute). 2020. FY2019 Study on the Infrastructure Development Project for Acquisition of JCM Credits (International Cooperation in CCUS) Report. Environment and Energy Division. Tokyo: Mitsubishi Research Institute, p. 310.
- Ndlovu, Phakamile, Saeideh Babae, Paramespri Naidoo, & Kuveneshan Moodley. 2024. Kinetic Studies of Gas Hydrates for CO₂ Capture in the Presence of Nanoparticles. *Industrial Engineering Chemistry Research* 63(9): 3867-3879. Doi: 10.1021/acs.iecr.3c04061
- Niaz, Saba, Taniya Manzoor, & Altaf Hussain Pandith. 2015. Hydrogen storage: Materials, methods and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 50: 457-69.
- Ozarslan, Ahmet. 2012. Large-scale hydrogen energy storage in salt caverns. *International Journal of Hydrogen Energy* 37: 14265-77.
- Pajak, Leszek, Anna Sowizdzal, Pawel Gładysz, Barbara Tomaszewska, Maciej Miecznik, Trond Andresen, Bjorn S. Frengstad, & Anna Chmielowska. 2021. Multi-Criteria Studies and Assessment Supporting the Selection of Locations and Technologies Used in CO₂-EGS Systems. *Energies* 14(21): 7683. Doi: 10.3390/en14227683
- Pandey, Jyoti Shanker, Charilaos Karantonidis, Adam Paul Karcz, & Nicolas von Solms. 2020. Enhanced CH₄-CO₂ Hydrate Swapping in the Presence of Low Dosage Methanol. *Energies* 13(20): 5238. Doi: 10.3390/en13205238
- Peres, Christiano B., Pedro M.R. Resende, Leonel J.R. Nunes, & Leandro C. de Moraes. 2022. Advances in Carbon Capture and Use (CCU) Technologies: A Comprehensive Review and CO₂ Mitigation Potential Analysis. *Clean Technologies* 4(4): 1193-1207. Doi: 10.3390/cleantechnol4040073

- Qiu, Wenjie, Yun Yang, Jian Song, Weimin Que, Zhengbang Liu, Haicheng Weng, Jianfeng Wu, & Jichun Wu. 2023. What chemical reaction dominates the CO₂ and O₂ in situ uranium leaching? Insights from a three-dimensional multicomponent reactive transport model at the field scale. *Applied Geochemistry* 148: 105522.
- Randolph, Jimmy, Benjamin M. Adams, Thomas H. Kuehn, & Martin O. Saar. 2012. Wellbore heat transfer in CO₂-based geothermal systems. *Transactions - Geothermal Resources Council* 36: 549-554.
- Rodrigues, Cristina Fernanda Alves. 2002. *The Application of Isotherm Studies to Evaluate the Coalbed Methane Potential of The Waterberg Coalfield, South Africa*. Faculdade de Ciências do Porto, 298p. (Tese de doutoramento).
- Schoenung, Susan M. 2011. *Economic Analysis of Large-Scale Hydrogen Storage for Renewable Utility Applications*. Albuquerque: Sandia National Laboratories, p. 41.
- Shi, J.Q., & Durucan, S. 2005. CO₂ Storage in Deep Unminable Coal Seams. *Oil & Gas Science and Technology* 60(3): 547-558. Doi: 10.2516/ogst:2005037
- Shogenova, Alla, Kris Piessens, Sam Holloway, Michelle Bentham, Roberto Martínez, Kristin M. Flornes, Niels E. Poulsen, Adam Wójcicki, Saulius Sliupa, Ludovít Kucharic, Alexandra Dudu, Sergio Persoglia, Vit Hladik, Bruno Saftic, Astri Kvassnes, Kazbulat Shogenov, Jüri Ivask, Isabel Suárez, Constantin Sava, Anghel Sorin, & Ananth Chikkatur. 2014. Implementation of the EU CCS Directive in Europe: Results and development in 2013. *Energy Procedia* 63: 6662-70.
- Shogenova, Alla, Nicklas Nordback, Daniel Sopher, Kazbulat Shogenov, Auli Niemi, Christopher Juhlin, Saulius Sliupa, Monika Ivandic, Adam Wojcicki, Jüri Ivask, Lukasz Klimkowski & Stanislaw Nagy. 2021. Carbon Neutral Baltic Sea Region by 2050: Myth or Reality? Paper present at the 15th Greenhouse Gas Control Technologies Conference, Abu Dhabi, United Arab Emirates, March 15-18; p. 12.
- Srivastava, Shubhangi, Ann Mary Kollemparembil, Viktoria Zettel, Timo Claßen, Bernhard Gatterner, Antonio Delgado, & Bernd Hitzmann. 2022. Experimental investigation of CO₂ uptake in CO₂ hydrates formation with amino acids as kinetic promoters and its dissociation at high temperature. *Scientific Reports* 12(1): 8359. Doi: 10.1038/s41598-022-12538-1
- Tagliaferri, Mauro, Pawel Gładysz, Pietro Ungar, Magdalena Strojny, Lorenzo Talluri, Daniele Fiaschi, Giampaolo Manfrida, Trond Andresen, & Anna

- Sowizdat. 2022. Techno-Economic Assessment of the Supercritical Carbon Dioxide Enhanced Geothermal Systems. *Sustainability* 14(24): 16580. Doi: 10.3390/su142416580
- Tarkowski, Radoslaw. 2017. Perspectives of using the geological subsurface for hydrogen storage in Poland. *International Journal of Hydrogen Energy* 42: 347-55.
- Tarkowski, Radoslaw. 2019. Underground hydrogen storage: Characteristics and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 105: 86-94.
- Torré, Jean-Philippe, Christophe Dicharry, Marvin Ricaurte, Delphine Daniel-David, & Daniel Broseta. 2011. CO₂ capture by hydrate formation in quiescent conditions: In search of efficient kinetic additives. *Energy Procedia* 4(4): 621–628. Doi: 10.1016/j.egypro.2011.01.097
- Torvanger, Asbjorn, Kristin Rypdal, & Steffen Kallbekken. 2005. Geological CO₂ storage as a climate change mitigation option. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10(4): 693-715.
- UN (United Nations). 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. (Document FCCC/CP/1997/L.7/Add.1). Kyoto (Japan), 1-10 December 1997, third session. 24p.
- UN (United Nations). 2023. United Nations Framework Convention on Climate Change: Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement. (Document FCCC/PA/CMA/2023/L.17). United Arab Emirates, first global stocktake. 21p.
- Veil, John A., Christopher B. Harto, & Andrea T. McNemar. 2011. Management of Water Extracted From Carbon Sequestration Projects: Parallels to Produced Water Management. SPE Americas E&P Health, Safety, Security, and Environmental Conference. Houston: Texas, USA. Paper Number: SPE-140994-MS. Doi: 10.2118/140994-ms
- Wei, Ning, Xiaochun Li, Zhunsheng Jiao, Philip H. Stauffer, Shengnan Liu, Kevin Ellett, & Richard H. Middleton. 2022. A Hierarchical Framework for CO₂ Storage Capacity in Deep Saline Aquifer Formations. *Frontiers in Earth Science* 9(1315): 1-21. Doi: 10.3389/feart.2021.777323
- Xu, Lechang, Naizhong Liu, & Guofu Zhang, 2011. Waste Water Treatment of CO₂ + O₂ in situ Leaching Uranium. *The New Uranium Mining Boom*, pp. 31-37. Doi: 10.1007/978-3-642-22122-4_4
- Yang, Yun, Wenjie Qiu, Zhengbang Liu, Jian Song, Jianfeng Wu, Zhi Dou, Jinguo Wang, & Jichun Wu. 2022. Quantifying the impact of mineralogical

- heterogeneity on reactive transport modeling of $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ in situ leaching of uranium. *Acta Geochimica* 41(12): 50-63.
- Yang, Zhijie, Tianfu Xu, Fugang Wang, Yujie Diao, Xufeng Li, Xin Ma, & Hailong Tian. 2019. A Study on the CO_2 -Enhanced Water Recovery Efficiency and Reservoir Pressure Control Strategies. *Geofluids* 2019(6053756): 1-17. Doi: 10.1155/2019/6053756
- Yartys, Volodymyr A., & Mykhaylo V. Lototsky. 2004. An Overview of Hydrogen Storage Methods. In *Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials*. NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry. Edited by Turhan Nejat Veziroglu, Svetlana Yu. Zaginaichenko, Dmitry V. Schur, Bogdan Baranowski, Anatoliy Petrovich Shpak and Skorokhod Valery Volodimirovich. Dordrecht: Springer, Volume 172, pp. 75-104.
- Zhang, Haitao, Tong Zhang, & Yupeng He. 2023. Reactive transport model of uranium by $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ in situ leaching. *Environmental Science and Pollution Research* 30(24): 65976-65989.
- Zheng, Huanda, Yi Zhong, Zhiping Mao, & Laijiu Zheng. 2018. CO_2 utilization for the waterless dyeing: Characterization and properties of Disperse Red 167 in supercritical fluid. *Journal of CO2 Utilization* 24: 266-273. Doi: 10.1016/j.jcou.2018.01.014
- Zhou, Li. 2005. Progress and problems in hydrogen storage methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 9: 395-408.
- Züttel, Andreas. 2003. Materials for hydrogen storage. *Materials Today* 6: 24-33.

O Papel da Indústria do Petróleo e Gás na Transição Energética

AMILCAR SOARES

UM QUADRO MUITO HETEROGÊNEO DE INTERESSES

Para se atingir as metas da neutralidade carbônica previstas para 2050 no acordo de Paris é consensual a premência da transição energética ao nível do planeta, o que implica não só o aumento da produção de energia através de fontes renováveis, mas, sobretudo, a diminuição do consumo das energias fósseis. Infelizmente, não há um consenso em relação às estratégias ótimas para se conseguir atingir aquelas metas de descarbonização.

Começa hoje a ser colocado em cima da mesa um outro fator que até aqui tem sido desconsiderado ou atribuído pouca relevância: a inclusão da indústria do petróleo e gás no campo das soluções para a transição energética. Infelizmente há alguns maus entendidos e falsas percepções que têm afastado a indústria do petróleo e gás do debate da transição energética.

Começando pela composição do atual quadro de produtores de petróleo e gás. Os maiores produtores, que representam mais de metade da produção mundial de petróleo e gás, e que detêm 60% das reservas mundiais conhecidas, são as companhias nacionais, as NOCs — National Oil Companies, as maiores das quais são do Médio Oriente: Saudi Aramco, Iranian Oil Company, Kuwait Oil Company, ADNOC (Abu-Dhabi), Qatar Energy. Depois existem as IOCS — International Oil Companies — companhias nacionais, tal como as NOCs, mas detêm investimentos no “Up Stream” noutros países, como a norueguesa Equinor, Repsol. Mas quem está sistematicamente

debaixo dos focos da responsabilização, culpabilização e, muitas vezes, diabolização pelas emissões, são as chamadas “Majors”, as sete maiores companhias produtoras privadas (BP, ConocoPhillips, Chevron, ENI, ExxonMobil, Shell e TotalEnergies), que, curiosamente, representam somente 13% da produção e reservas de petróleo e gás do globo. É importante que se tenha em conta que NOCs e Majors são “players” com interesses completamente distintos e, conseqüentemente, com reações às soluções de descarbonização muito diferentes.

Outra percepção enviesada que normalmente contamina este debate, é a que se refere à distribuição do retorno financeiro gerado pela indústria do petróleo e gás. Desde 2018, cerca de 50% do retorno gerado indústria do petróleo, foi diretamente para os governos, e 40% para investimentos. Os dividendos dos “shareholders” representam em média 10% do total do retorno.

Deste modo, é fácil perceber que os maiores impactes dos diferentes modelos de redução da oferta (“peak oil” em 2030 e velocidade de redução da produção) recaem nos governos, em particular os dos países produtores, donos das NOCs. Este é o quadro dos atores que representam a oferta, a produção de petróleo e gás.

Do lado da procura o cenário é muito mais complexo, porque é muito mais heterogéneo em termos de interesses de cada um dos países. Praticamente todos os países têm na base idênticos modelos económicos desenvolvimentistas, i.e., pretendem, acima de tudo, que as suas economias cresçam, o que implica o aumento de consumo de energia. Mas o percurso e as expectativas para a substituição das energias fósseis, atualmente dominantes, sem disrupções e num quadro de segurança energética, é que são completamente diferentes. Refiro alguns exemplos da heterogeneidade existente. A Comunidade Europeia, apesar de algumas diferenças nas políticas de descarbonização, particularmente depois da invasão da Ucrânia, consegue, no entanto, medidas comuns importantes, como a mobilidade elétrica, tetos de emissões, particularmente para as indústrias de cimento, vidro e aço, expansão do mercado voluntário de créditos de carbono e a

aplicação a curto prazo do CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism), uma tarifa que implica a fixação de um preço para o CO₂, única no mundo e importante para o incentivo da prática de descarbonização da indústria fora da Europa. Mas em geral, a maioria dos restantes países está mais interessado na adição energética (que significa a não diminuição do consumo da energia a ser substituída) do que na transição energética. Um exemplo extremo, o dos países africanos, num patamar pobre de desenvolvimento, consomem maioritariamente biomassa (com implicações na deflorestação, perda de solo, desertificação, migrações ambientais) porque não têm recursos nem para consumirem o mais barato dos combustíveis fósseis, o carvão. Falar de decréscimo de consumo de combustíveis fósseis no continente africano não faz qualquer sentido; outro exemplo, a China que tem sido, nos últimos dez anos, dos maiores investidores mundiais em energias de baixo carbono, é atualmente líder mundial na construção de baterias e carros elétricos, mas é, simultaneamente, dos maiores consumidores mundiais de carvão. É este quadro global de uma grande heterogeneidade de interesses, num mundo de governação multipolar, que torna extremamente difícil a regulação de medidas de convergência em relação ao consumo de combustíveis fósseis para os alvos da descarbonização. Uma das razões dos resultados muito marginais e, de certo modo, dececionantes das diferentes COPs (Cimeiras das Nações Unidas para o clima) em relação aos compromissos da indústria do petróleo e gás, tem a ver, acima de tudo, com esta grande heterogeneidade de interesses dos diferentes países lá representados.

A NECESSIDADE IMPERIOSA DE COLOCAR A INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS DO LADO DAS SOLUÇÕES

São várias as razões por que devemos almejar este objetivo. A começar por uma, muito relevante e intrínseca à própria indústria: a descarbonização da produção. A produção, transporte e processamento do petróleo e gás representa 15% da emissão dos gases com efeito de estufa

gerados na produção de energia a nível mundial: equivale à quantidade de gases de estufa de produção de energia dos Estados Unidos. As grandes empresas, “majors”, que operam na Europa, por força da regulação europeia em relação às emissões, já começaram a descarbonizar as suas operações, particularmente depois da COP26 (Glasgow, 2021). Em relação às maiores empresas produtoras, as NOCs, para elas se comprometerem a reduzir as emissões de operação é fundamental estarem sentadas à mesa da transição energética, ou seja, elas serem parceiras das soluções. Um dos grandes objetivos da COP28 do Dubai (2023) era precisamente o envolvimento e compromisso da indústria do petróleo e gás na transição energética. Apesar das críticas (múltiplas entrevistas de Al Gore) e fracos resultados, no fim da cimeira, o CEO da ADNOC (Sultan Al Jaber) e Presidente da COP28, comprometeu-se àquela redução de emissões e, neste momento, já existem vários importantes projetos em andamento, pilotos e industriais, de sequestro e armazenamento geológico de CO₂ (CCS) em Abu-Dhabi. Foi dos poucos compromissos que foram assumidos na COP28 por parte das empresas petrolíferas e por uma razão simples: a ADNOC estava sentada à mesa das negociações.

Em qualquer cenário de transição energética em relação à diminuição da oferta de petróleo e gás, será sempre necessário o investimento nos campos existentes ou identificados pelas empresas produtoras. O que começa a ser evidente é que não é necessário investimento na pesquisa de novos campos. Se estivessem no mesmo lado dos compromissos, na procura de soluções para a transição, os produtores necessitariam de justificar como a pesquisa de novos campos se integra na trajetória das emissões zero em 2050. Neste ponto é fundamental entrar em linha de conta com argumentos de países com diferentes percursos de desenvolvimento. Por exemplo, não se pode exigir o mesmo comportamento de declínio de produção a países como a Nigéria, Angola, Venezuela, Moçambique e Camarões, casos mais sensíveis com PIBs *per capita* abaixo de 10000 US\$.

Outro ponto importante que poderia sair de um consenso entre consumidores, governos e produtores tem a ver com o compromisso do risco de investimento. Do total do investimento das produtoras de petróleo e gás só 2,5% é que é investido nas energias verdes. Significa isto que a maioria das empresas de petróleo e gás estão a assistir à transição energética em vez de participar nela. Relevar o papel da indústria de petróleo na transição energética passa por aqui, o redirecionamento do investimento da indústria do petróleo e gás: o relatório da IEA, Outlook 2023, estima o retorno do capital investido na indústria do petróleo e gás em torno de 6-9%, enquanto o retorno dos projetos de energia limpa é de 6%, em média. Mas estes são menos arriscados e bastante mais estáveis no tempo.

O FUTURO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO E GÁS

É importante analisarmos o futuro desta indústria na perspetiva de novas oportunidades para a reorientação das suas estratégias no sentido da transição, entendida como a diminuição de produção de petróleo e gás, tendo como alvos as metas da neutralidade carbónica. O futuro da indústria do petróleo e gás reside essencialmente no aproveitamento do seu enorme potencial tecnológico em ambientes extremos do subsolo, para novas áreas de aplicação e negócio, dentro do quadro de convergência para as metas de emissões em 2050. Apresentam-se alguns exemplos de oportunidades que poderão ser aproveitadas pela indústria de petróleo e gás.

Captura, sequestração e armazenamento geológico de CO₂ (CCS). É claramente uma área que vai ter necessariamente uma grande expansão a curto e médio prazo e para a qual é a indústria do petróleo e gás que detém a tecnologia e na qual tem feito avultados investimentos de I&D nas últimas décadas, particularmente nas seguintes áreas: i) na descoberta de armadilhas geológicas, alvos preferenciais para as operações de CCS. Nesta área, a caracterização sísmica para avaliação do risco da descoberta de alvos, tem

sido das tecnologias que mais evoluiu nos últimos anos, ii) outra tecnologia de ponta detida pela indústria do petróleo é a perfuração a grandes profundidades (por exemplo, em ambientes geológicos “offshore” profundos e ultraprofundos) e a utilização de sensores inteligentes, para gerirem a injeção do CO₂ quando em presença de vários reservatórios em profundidade, os chamados “smart wells” e “smart fields”, iii) numa operação madura de CCS é fundamental a gestão do reservatório de modo a manter as características geomecânicas da rocha reservatório afastadas do risco de rutura, à medida que a injeção do gás se prolonga. Neste domínio, a inversão sísmica 4D fornece a imagem dinâmica das concentrações do gás, em alta resolução, fundamental para avaliação do risco geomecânico de pressão de poro.

Geotermia Profunda. O conceito dos Enhanced Geothermal Systems (EGS) para exploração geotérmica das “Hot Dry Rocks” tornou a Geotermia profunda um “game changer” de grande potencial no quadro das energias renováveis (ver texto neste volume). Praticamente toda a componente tecnológica dos EGS migrou da prática e anos de investimento em I&D da indústria de petróleo e gás: nos Enhanced Oil Recovery (EOR) e Enhanced Gas Recovery (EGR), perfuração, fraturação das rochas a grandes profundidades e controlo e gestão dos fluxos de saída. O ano de 2024 marcará um patamar de crescimento desta “nova” forma de energia renovável com a implementação dos primeiros projetos industriais de geotermia profunda. É seguramente uma oportunidade de reorientação da indústria do petróleo e gás no sentido da transição energética e das metas de descarbonização para 2050.

Parques eólicos *offshore*. Atualmente a eólica “offshore” produz 1% da eletricidade total gerada, mas é a forma de energia renovável (eólica e solar PV) com maior potencial de crescimento. Particularmente depois da COP26 (Glasgow), as companhias de petróleo que operam na Europa começaram a mudar a sua estratégia de operação no sentido da transição. Para além da descarbonização das operações de produção, começaram a investir nas renováveis. Foi nesse contexto que a eólica *offshore* se transformou numa oportunidade de transição das operações da indústria do

petróleo dado seu conhecimento, experiência e tecnologia em ambientes de águas profundas. Alguns exemplos, a Equinor investiu no que é considerado o maior parque eólico *offshore* do mundo, o Dogger Bank (costa leste de Yorkshire), além de se ter transformado na empresa com maior conhecimento e tecnologia em parques flutuantes. A Equinor detém também a Hywind Scotland, o primeiro grande parque flutuante do mundo e detém parques eólicos flutuantes na Coreia. A BP, Shell e a TotalEnergies seguiram um padrão semelhante de grandes investimentos em parques gigantes *offshore* na Europa e na Ásia.

Hidrogénio Branco ou Natural. A recente descoberta de um depósito de hidrogénio natural, na região de Lorraine, França, despoletou um enorme interesse sobre o potencial desenvolvimento deste combustível limpo. Já se conheciam concentrações deste gás no subsolo do Mali, mas o atual contexto de procura de outras formas de energia limpa colocou a recente descoberta em França num outro patamar de entusiasmo para a descoberta daqueles reservatórios de hidrogénio branco ou natural. A USGS (United States Geological Survey) apresentou recentemente alguns modelos de recursos de hidrogénio natural mas, na verdade, não existem ainda dados que possam cimentar qualquer número em termos de recursos existentes no planeta. Os únicos números sólidos que existem referem-se ao grande investimento que a indústria extrativa está já a fazer na pesquisa desses reservatórios. Atualmente existem mais 40 empresas a fazerem prospeção no Canadá, Indonésia, Africa (Mali, Marrocos e Namíbia), França, Islândia, Brasil, Colômbia e Austrália.

Dos reservatórios que se conhecem, ressalta a grande similitude geológica e estrutural dos reservatórios de hidrocarbonetos. Em todas as áreas de reconhecimento geológico, prospeção geofísica, caracterização de reservatórios, perfuração e completação, produção e transporte, as companhias de petróleo e gás estão tecnologicamente bem colocadas para liderar a exploração e produção de hidrogénio branco, no caso das expectativas em relação aos recursos geológicos se confirmarem.

Sintetizo a ideia central deste texto, com uma citação do Special Report do Outlook 2023 “The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions” da International Energy Agency: “Energy transitions can happen without the engagement of the oil and gas industry, but the journey to net zero will be more costly and difficult to navigate if they are not on board.”

Tecnologia e Sociedade com Soc. & Tec. 10 anos depois

JORGE BRAGA DE MACEDO

1. INTRODUÇÃO

Múltiplas pertenças e interações entre universidades e academias ajudaram a montar sem sobressaltos a equipa de autores dos documentos acima listados. A memorável sessão juntou convidados de Évora a dois sócios oriundos das secções de direito e economia da Classe de Letras em interação com o editor do projeto Rui Vilela Mendes (RVM), na linha de uma workshop há quase dez anos, facilitada por um acordo de 2008 descrito na última publicação de uma das partes, o Instituto de Investigação Científica Tropical, extinto em 2015, o Instituto de Altos Estudos da ACL e a Faculdade de Economia da Universidade Nova de Lisboa, hoje NOVASBE. Por coincidência, o colaborador principal, professor auxiliar da Universidade de Évora, coeditou com Luís Brites Pereira e Maria Eugénia Mata (respetivamente professor auxiliar e catedrática emérita da NOVASBE) o *Festschrift* em homenagem ao autor, intitulado *Economic Globalization and Governance* (Brites *et al.*, 2021), para o qual contribuíram confrades de ambas as classes, nacionais e estrangeiros^a. Assim o projeto “Energia em Portugal: Perspetivas

^a Atualizou-se o texto de 24 de março de 2024, quando passavam 4 anos da morte da minha irmã Branca a quem dedicamos este texto. De Paul Krugman (Nobel da Economia 2008, que apresentou “War, trade and the bread basket” na Academia das Ciências de Lisboa) a José Luís Cardoso (atual presidente que abordou a complementaridade entre história económica e do pensamento económico). No *Festschrift* participaram ainda Alfredo Marvão Pereira e Rui Pereira, que à data apresentaram um modelo de equilíbrio geral para estimar o custo do fecho antecipado das centrais a carvão em Portugal, bem como Annette Bongardt e Francisco Torres, num texto sobre a geometria variável da construção europeia. MRS já participara na avaliação do possível ecocídio (Caleiro, Andrade e de Sousa, 2019), e com José Belbutte, então diretor da Escola de Ciências Sociais, ambos em Évora, e que colaborava também com Alfredo Pereira numa lógica de modelo de análise da persistência dos gases de CO₂ na atmosfera. Desta interação com a universidade nasceu ainda o volume organizado pelo confrade de ciências Manuel Collares Pereira (2022). Aliás, o *Festschrift* foi apresentado na Universidade de Évora, depois da cerimónia de outorga do grau de *Honoris Causa* nesse ano.

a médio e longo prazo” coordenado por Rui Vilela Mendes, decano da secção de Tecnologias, Conhecimento e Sociedade (9C) e membro do Conselho Científico da ACL, permitiu montar uma equipa interdisciplinar que aborda as temáticas do direito e da economia na transição energética^b. A ideia continua a ser de complementar a secção de Tecnologias, Conhecimento e Sociedade (9C), mais abrangente, com uma singela “Soc & Tec” que inclui a secção de Direito (5L), graças ao contributo de Maria da Glória Garcia, antiga Reitora da Universidade Católica Portuguesa.

Ao evocar “a necessidade de garantir o *nosso futuro comum*” através de uma “cidadania climática” universal e do “direito da política pública da energia”, encontra uma responsabilidade empresarial no dever de diligência na sustentabilidade que consta da proposta de diretiva europeia tornada pública há quase dois anos. Ora Bongardt e Torres, especialistas de questões europeias na UCP, abordam a economia política da transição energética salientando o “enquadramento europeu e políticas nacionais”, nomeadamente o peso do sector energético nas emissões de gases com efeito de estufa e o papel chave do sinal preço na transição energética e dos instrumentos de mercado para implementar a neutralidade carbónica, bem como a

^b Enquanto decano em exercício da secção de Economia e Finanças (6L), o autor também participa no Conselho Científico e sugeriu inverter a ordem original, “Tecnologia e Sociedade” recordando que se trata do nome da mais recente classe da Academia Real da Bélgica a que pertence com o sócio emérito Eduardo Romano de Arantes e Oliveira, por convite do saudoso Jean-Pierre Contzen (1935–2015) evocado numa sessão reproduzida em *NOVASBE Working Paper* n.º 612, 2017, presidida por Carlos Salema, Vice-Presidente na qual participou com Rui Vilela Mendes em 3 de fevereiro, com o título “Ciência, política e sociedade”, tendo o autor lido a mensagem de Hervé Hasquin, Secretário Perpétuo da *Académie royale de Belgique* (ARB), seguindo-se Arantes e Oliveira e o filho mais velho Baudoin em nome da viúva e descendentes. Rui Vilela Mendes moderou a sessão seguinte, tendo Ludwig Streit, Prof. Jubilado da Universidade da Madeira apresentado “Complexity, globalization, acceleration and what about democracy?”, discutido pelo autor. A tarde foi dedicada ao tema da biodiversidade e cooperação com os países em vias de desenvolvimento, sendo moderador Rui Malhó, da secção de Biologia (5C) que também contribuiu no *Festschrift*. Dominic Moran, Scotland’s Rural College apresentou “Valuing biodiversity: a brief history” comentado por Nuno Ferrand (5C). Seguiu-se um painel dos organizadores “Science and business for development” e o encerramento por Manuel Heitor, então Ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior.

urgência de uma resposta europeia à crise climática que é uma crise existencial. Assim se complementam os contributos da Classe de Ciências no espírito da apresentação de João Caraça da secção de Tecnologias, Conhecimento e Sociedade (9C)^c.

Alfredo Marvão Pereira e Rui Pereira, contribuíram para o *Festschrift* com um modelo de equilíbrio geral para estimar o custo do fecho antecipado das centrais a carvão em Portugal, ao passo que Annette Bongardt e Francisco Torres refletiram sobre um tema caro ao autor, a geometria variável da construção europeia e viriam a produzir um texto sobre a economia política europeia da transição energética. A equipa de Évora contava, desde logo, com Miguel Rocha de Sousa (MRS), que já participara na avaliação do possível ecocídio (Caleiro, Andrade e De Sousa, 2019) e José Belbute, então diretor da Escola de Ciências Sociais e Alfredo Pereira numa lógica de modelo de análise da persistência dos gases de CO₂ na atmosfera. Desta interação eborense nasceu também o citado Collares Pereira (2022). As múltiplas pertenças e interações de academias e universidade fizeram-nos desde logo montar a equipa com os economistas já citados aos quais se juntaria António Goucha Soares, catedrático “Jean Monnet” do ISEG em direito europeu, que prontamente acedeu, e a lógica de interação entre as bases do direito europeu, o direito da energia e a lei portuguesa começaram a ganhar forma. O debate produziu textos sobre a economia política europeia da transição energética e a visão jurídica global de Maria da Glória Garcia^d.

Detalham-se os quatro primeiros artigos:

^c Desta maneira, e para inspirar a conclusão, quase reprimado “Descrição, Estimação, Previsão e Juízo em Sistemas Complexos: Globalização Liberta Aproximando Como Luso-fonia?” in Malhó *et al.* (2021), organizado a partir das Conferências da Arrábida – que RVM *et al.* organizam há décadas.

^d Sendo certo que, antes de prosseguir os seus estudos em Relações Internacionais na Universidade de Yale, o autor se licenciou em Direito pela Universidade de Lisboa. Em Yale foi aluno de Robert Triffin e Richard Cooper, de quem ficaria amigo. Voltou depois do serviço militar e doutorou-se em Economia, sob orientação do saudoso Pentti Kouri, além de colaborar com James Tobin, sócio estrangeiro da ACL e Prémio Nobel. A Academia das Ciências de Lisboa (ACL) comemorou com a Fundação Triffin e o Banco de Portugal os 80 anos de Bretton Woods.

- 1) José Belbute e Alfredo Pereira avaliam os impactos globais das alterações climáticas, nomeadamente do efeito de inércia dos gases (CO₂) já existentes na atmosfera. O artigo salienta a necessidade de coordenação de políticas entre os seis maiores emissores, respetivamente, China, EUA, UE a 28, Índia, Federação Russa, Japão, de modo, a de facto, reverter a situação e se atingir um equilíbrio dinâmico verdadeiramente sustentável. A modelação é feita por meio de um modelo de séries temporais com persistência, i.e., longa memória, o dito modelo ARFIMA. Uma das conclusões de política global é a de que os efeitos de inércia perduram no tempo, logo as políticas a serem eficazes têm de ser consistentes no tempo. Uma das grandes virtudes e *take-away* deste modelo, é o de que o esforço concertado dos três maiores, China, EUA e UE será suficiente como liderança pelo exemplo como forma de reversão. Um dos desafios a lançar será o desafio futuro de como coordenar as emissões dos 3 maiores emitentes ou, mesmo dos 6, de modo a reverter o ecocídio.
- 2) Alfredo Pereira e Rui Pereira quantificam o custo da transição carbónica portuguesa através de um modelo dinâmico de equilíbrio geral para a economia portuguesa chamado DGEP. Exigindo embora recursos computacionais elevados, permite definir margens de preço do carbono para transição energética, em que se alinham os incentivos privados e públicos, nomeadamente o chamado duplo dividendo decorrente de usar em atividades não poluidoras a receita proveniente do carbono taxado. Na verdade, Pereira *et al.* (2016, atualizado para 2024) chega a propor um triplo dividendo, ou seja, além de alinhar a taxa de carbono com a despesa dessa receita fiscal não poluidora, dever-se-ia ir mais longe e ter uma política de dívida pública também verde. De salientar que este exercício reflete o impacto da abertura económica de Portugal face ao exterior: a nova política ambiental económica portuguesa dispõe assim de balizas informadas pelo modelo desenvolvido.

- 3) Miguel Rocha de Sousa e António Goucha Soares analisam os dilemas jurídico-económicos da transição partindo das raízes comuns do Direito e da Economia e das interações proveitosas intra e interdisciplinares: a criação do ETS/CELE, ou seja, o *European Transfer Scheme*, ou o Mercado de Comércio Livre de Emissões, e a criação de um mercado voluntário de carbono em Portugal. À luz dos casos Europeu e internacionais, debatem-se as implicações jurídico-económicas das propostas dos dois primeiros artigos (Belbute e Pereira; Pereira e Pereira), discutindo um ciclo virtuoso de redução das emissões globais, nomeadamente na negociação no sistema internacional multilateral do ponto de vista da exequibilidade da governação global. Também se discute como uma diretiva europeia pode ser implementada ou não na legislação nacional, questão de direito, e como os valores de carbono para a transição energética portuguesa (os 90€/t métricas a 120€/t métricas) são exequíveis do ponto de vista económico e político, tendo em conta o segundo artigo. Um dos desafios maiores a retirar daqui é o de que o mercado voluntário de carbono, ao complementar o ETS, é um desafio regulamentar emergente e que, entretanto, passou a vigente, o quadro regulamentar, a 5 de janeiro de 2024.
- 4) Annette Bongardt e Francisco Torres, professores da Universidade Católica Portuguesa alargam e aprofundam o debate introduzindo uma abordagem de economia política na análise do trajeto para a neutralidade carbónica da União Europeia tal como estabelecido pelo Pacto Ecológico Europeu (*European Green Deal*). Vários fatores de economia da política ajudam a compreender o processo de transição energética e, mais ainda, de transição para uma economia e sociedade mais sustentáveis. Os dois autores, especialistas em estudos europeus e integração europeia, avaliam ainda, do ponto de vista económico-político, o modelo de governação económica da União. Argumentam que

o Pacto Ecológico Europeu constitui um terceiro pilar (embora em construção e por isso ainda frágil) do mesmo a par com o mercado interno e a União Económica e Monetária. Discutem as reformas necessárias ao desenho institucional da UE, nomeadamente do contexto europeu estrito da UE, e dos seus impactos globais, de modo a esta poder liderar o combate às alterações climáticas ao nível internacional. Um dos maiores desafios que se retira deste estudo interdisciplinar é da necessidade da convergência dos desafios do Pacto Ecológico Europeu com os pilares da UE, e nomeadamente, como pode a UE afirmar-se como líder na sustentabilidade da transição europeia em diálogo com o sistema internacional.

Maria Glória Garcia (MGG) distingue a responsabilidade como apelo à ação pelo futuro da culpa pelo passado e motiva uma “sociedade do cuidado” aliando o risco que a sustentabilidade do planeta corre “à urgência da resposta e demanda criatividade, inovação”; o autor comentou as medidas de política e estudos que enformarão as decisões do *Roteiro Nacional das Alterações Climáticas* até 2100, inserido no respetivo Roteiro Europeu e também a sua integração com o Pacto Ecológico Europeu, através de políticas de transição energética mais sustentáveis. Recordar-se no 4.º capítulo o debate constitutivo/normativo de uma sociedade do risco de Beck, que tem de ser regulada do ponto de vista normativo e constitutivo, avança com o debate da norma administrativa *de facto* e *de jure* em Portugal.

O 5.º recalibra o enfoque europeu, salientando que a UE a 27 reduziu a sua contribuição para cerca de 7% de emissões de CO₂ a nível global. Desde logo por razões de economia política da transição energética, a UE tem um papel chave para liderar o desfecho do jogo do sistema mundial dos seis maiores emitentes, com a avaliação concreta e mensurável de uma transição energética limpa e alinhada num quadro normativo, através do mercado global de emissões europeu e do mercado voluntário de carbono. É de salientar a colaboração de Miguel Rocha de Sousa com o relator de documentos de onde surgiram publicações sobre o caminho futuro da

sustentabilidade, Filipe Duarte Santos, decano da secção de Física (2C). Esta interação aborda os limites da sustentabilidade e as suas possíveis seis dimensões de fronteira, as quais constrangerão a nossa transição energética (Santos *et al.*, 2024a) e foram apresentadas pelo autor na sua alocação inicial na ACL, no dia 15 de janeiro de 2024 (Santos *et al.*, 2024b). Depois deste estudo estamos prontos para re-arrancar com medidas de política e estudos que enformarão as decisões do *Roteiro Nacional das Alterações Climáticas* até 2100, inserido no respetivo Roteiro Europeu e também a sua integração com o *Pacto Ecológico Europeu*, através de políticas de transição energética mais sustentáveis. Focamos quatro pontos conclusivos, do ponto de vista da escolha pública e da governação global, da transição energética e das complementaridades estratégicas.

2. A GOVERNAÇÃO GLOBAL AMBIENTAL

Podemos concluir que a Governação Global do Ambiente é um novo desafio ou não? No seio da ONU, urge a reforma do Conselho de Segurança (CS) e é sabido que ambiente e alterações climáticas passam a ser vistas como desafio e ameaça à segurança global. Como desafio vemos que os seis maiores emissores (China, Índia, EUA, UE, Federação Russa e Japão) têm inércia nas emissões de CO₂, quer no cimento, quer nas energias fósseis (*infra*, 14). Um desafio que se põe é o de como regular o sistema internacional no seio da ONU. Existe uma autoridade internacional, o IPCC que é responsável pela “gestão” científica das alterações climáticas. Mas como temos visto, os resultados das sucessivas COP (já vamos na COP 29) têm-se traduzido em grandes falhas de mercado a elas associadas.

Mais do que a criação de um novo órgão decisório na ONU, a questão levanta-se nas vertentes da regulação, velocidade do ajustamento, credibilidade do processo e implementação. Analisamos cada uma delas, dos pontos de vista teórico e da exequibilidade prática no mundo que temos, ou seja, o “*track record*” histórico. A regulação tem a ver com a “*enforceability*” das leis e como se conseguem instituir regras punitivas efetivas, limitando

o “*free riding*”, dito andar à boleia dos pequenos. Se os seis maiores emissores representam cerca de 60% as emissões, com a UE a liderar como “*servant leader*”, bastará que os 3 maiores se concertem e cheguem a acordo para que o processo se reverta. Uma vez decidida a intervenção, ou falta dela, através de regras ou discricionariedade (Kydland e Prescott, 1977), importa a velocidade do ajustamento, entre gradualismo e terapia de choque (Blinder, 1999). Perante a dicotomia e dificuldades de execução, podemos olhar para o presente e futuro com os olhos institucionalistas e de historiador lembrando-nos do legado de Monnet, e do seu método de construção da UE — avançando “o pouco, o possível, o tanto quanto”. A exequibilidade política é essencial e só se alcançará com passos progressivos, firmes, curtos e com sentido de urgência: descarbonizar sim, porque não há opção, mas também porque caminharemos para um mundo melhor! A credibilidade será também essencial, porque é um processo de histerese (tal como os físicos apelidam e bem), que demora muito tempo a construir, mas é minado num instante. Todas estas dimensões vão condicionar a implementação efetiva no terreno, quer nos seis maiores emissores quer nos restantes.

Uma observação difícil, é a de que Portugal apenas representa 0,5% das emissões globais, mas tem um papel chave na construção deste futuro, pois tem um papel chave na arena internacional na CPLP, nomeadamente no Brasil e Angola, e tem uma longa tradição de diplomacia económica de *soft power* (Nye, 2023). Naturalmente que as decisões globais em Davos, no G8, no G20 ou nos BRICS, são contingentes da teoria realista do poder pelo poder que guia as relações internacionais dos estados soberanos, posto que as lideranças políticas portuguesas cedam muito à tentação de “*free ride*”. Assim, deve criar-se uma nova visão ambiental, perante estas fronteiras de sustentabilidade que nos ameaçam (Santos *et al.*, 2024 a,b). Esta nova visão ambiental pode criar um novo mundo, algo utópico ou quase distópico. Perante o mundo realista ou mesma estruturalista afigura-se-nos possível realizar reformas progressivas seguindo o método de Monnet, que nos levará a pouco e pouco à integração e alinhamentos dos incentivos entre economia, e sociedade e sistema internacional. Entre um mundo apolar ou

multipolar temos os dois blocos da guerra fria e um sistema unipolar dos EUA. De qualquer modo, a energia é fonte de vida, no sector primário, secundário e terciário, além de fonte de consumo para os consumidores. De há 70 anos para cá, é fonte de alterações climáticas antropogénicas. Daí a urgência de ação, a nível global, mas com ações concertadas a nível local. Trata-se assim de aplicar o princípio da subsidiariedade/proximidade, i.e., resolver o problema ao nível ao qual ele se coloca.

A Europa e a UE, com a sua matriz judaico-cristã, basearam a sua construção na proximidade, legitimidade e *accountability* com a liderança dos EUA depois da 2.^a guerra mundial. O CS da ONU pode vir a ser um foco de resolução deste conflito ambiental entre humanos e a eco-esfera. Se a ameaça ambiental passar a ser (como deveria ser) uma ameaça à segurança humana, em termos existenciais, não só física, social e política, poder-se-á começar a despoletar propostas de resolução das alterações climáticas que não sejam vetadas por um dos *permanent five* (EUA, Reino Unido, França, China e Federação Russa), bloqueando o sistema. John Groom (2007) um dos maiores especialistas na reforma sempre adiada do CS, também advogou o método dos pequenos passos, por exemplo, a proposta do duplo-veto, i.e., como apenas com um duplo veto, ou eventualmente, um duplo veto e uma maioria qualificada se vetaria efetivamente uma decisão. Esse processo poderia permitir um ritmo constante e interessante na reforma do CS, passar de veto a duplo veto, para progressivamente o duplo veto cair em desuso.

A ameaça da não reversão das alterações climáticas tem de facto de ser levada muito a sério: sociedade e tecnologia de mão dadas, e tecnologia e sociedade, uma parceria holística interdisciplinar essencial a um novo modo futuro de vida, transformador com novas fontes de energia, entre elas a fusão nuclear em pequena escala a médio prazo.

A nível económico, a preocupação com as gerações vindouras tem vindo a ser advogada por Stern (2007), Pica e de Sousa (2023), Caleiro, Andrade e de Sousa (2019) estes últimos com uma aplicação da teoria dos jogos (comportamento estratégico evolucionista) em que se procura evitar o ecocídio. Uma das partes mais críticas é a de que as gerações presentes

não se preocupam com as gerações vindouras porque estas (as gerações futuras) não se preocupam com as gerações presentes ou passadas. Este paradoxo é o de que quem ainda não nasceu não se pode preocupar com o presente ou passado. Ou que o passado não tem memória. Pica e de Sousa (2023) sustentam que as gerações mais velhas, ao se preocuparem com o fim da existência na Terra depois da sua morte, vão querer deixar a netos e trinnetos a eco-esfera como legado ambiental^e.

Como ensinou a escola dos *Annales* (Braudel, 2022a e 2022b), a longa duração histórica é crucial para uma perspetiva económica e social, holística. Há que introduzir mecanismos de um novo contrato social ambiental com *feedback* entre gerações, i.e., aumentar a preocupação intergeracional. Esta vertente desde logo necessita da lei e do quadro que a enforma. Minouche Shafik (2021), da London School of Economics (LSE) descreve brevemente algumas cláusulas da lei intergeracional. Podemos dizer, à maneira Rosseauniana, que a vontade geral terá de ser a vontade do eu esclarecido, mas que a implementação, para ser robusta à impossibilidade da escolha social de Arrow, temos de passar à implementação. Salanié (2000, 2005) fala-nos desta implementação, a nossa proposta em discussão poderá passar a médio prazo pela ideia das pequenas comunidades (Ostrom, 1990) ou comunidades epistémicas na ciência (*open and user innovation*) ou comunidades religiosas. Mais do que mudar a teoria, será passar de Adam Smith (*Wealth of Nations*, 1776) para Adam Smith (*Theory of Moral Sentiments*, 1751) voltar às origens da economia, como moral. Adam Smith fala-nos da temperança, da prudência, do eu como um espectador do outro. A introdução da verdadeira preocupação do e com o outro levar-nos-á a resolver o problema. Alguns exemplos de como a fonte do problema é fonte da solução: A Covid-19

^e Há obviamente algo interessante, as gerações vindouras, embora imbuída do véu ignorância Rawlsiano (i.e., ninguém sabe onde irá nascer no futuro a 50 anos se no Congo, em Portugal, na China ou nos EUA), e também imbuído do princípio da diferença Rawlsiano (do max.-min.), i.e., de apoiar o mais fraco, a história tem de facto o peso certo da memória do futuro no passado sempre presente.

parecia irresolúvel, a ameaça do buraco de Ozono também e reverteu-se, a ameaça de conflito nuclear nos anos 60 foi resolvida *on the verge* por Krutchev e Kennedy.

As soluções são sempre globais, holísticas, envolvendo a sociedade e tecnologia. A responsabilidade de pertença, enquanto cidadãos do mundo, exige um novo contrato social, ambiental, económico, tecnológico, energético e digital. Não há futuro sem ambiente. Mas não há economia da transição e da sua velocidade de ajustamento sem parte de poluição. A terapia de choque não é politicamente viável dados os custos enormes da transição, mas a inação conduz ao ecocídio e ao *no-turning point* que nos pode levar à extinção. O institucionalismo económico com a sua versão contratualista e com o *rule of law* britânico, apesar do Brexit, e o *rule of law* da UE serão pontos charneira na sociedade dos riscos, do conflito. Poderemos fazer análise de cenários BAU, *business as usual*, contrafactuais históricos (*à la* Fogel e *à la* Ferguson), mas o importante é mudar progressivamente mentalidades. Descarbonizar, reconverter, aumentar o uso de eficiência energética, taxar com duplo dividendo e reintroduzir comunidades epistémicas de *caring for others*. Poderá parecer naïf, mas uma das maiores comunidades do mundo é a católica e o Papa Francisco (2015), com o seu espírito ecuménico, vem com a Encíclica *Laudato Si*, a defender a “nossa casa comum”.

A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS PARA OS NOVOS COMBUSTÍVEIS

Voltando à questão da velocidade do ajustamento, não se pode defender uma solução instantânea, de choque imediato, também chamado *cold turkey*, i.e., de acabar num momento com os combustíveis fósseis porque, como nos diz o Teorema de Coase (1960) o nível (económico) de poluição ótima não é zero! Há que ter alguma poluição, uma vez atribuídos os direitos de propriedade, quer ao ar limpo, quer ao ar sujo, o resultado final, atingido pelo mercado, será o mesmo nível de externalidade e de

poluição e o mesmo nível de produção. Buchanan and Tullock (1965), criadores da escola de escolha pública americana, com uma vasta difusão nas políticas públicas, definem-nos regras ótimas de negociação em contexto de *commons*, ou seja, bens públicos e bens comuns. Ostrom (1990) definiu regras ótimas cooperativas em pequenos grupos, como já referimos, as pequenas comunidades energéticas, poderão ser um foco poderoso de alavanca de mudança e de liderança no ponto de sobrevivência energética e na transição verde (i.e., incorporando duplo-dividendos) e azul (poupando esse recurso escasso a água).

Cruzar Ostrom com Buchanan e Tullock exige coragem e criatividade, razoabilidade e exequibilidade político-económica, nomeadamente a nível da escala, da eficiência e do âmbito tecnológico e da escolha social. O mundo ainda é um mundo carbónico, mais de 60% da energia mundial é com base em carbono, e como referimos, os seis maiores emissores são responsáveis por 60% das emissões de CO₂. A transição climaticamente justa, com o apoio das políticas públicas, urge e é essencial para atingir o desiderato de reverter de facto e não atingirmos um ponto de não retorno nas alterações climáticas. Se os físicos com os seus modelos nos avisam para a inevitabilidade do apocalipse do cenário *business as usual*, que não podemos ignorar e economistas, como Stern (2007) e Stiglitz-Sen-Fitoussi (2009) e Nordhaus (2019), avisam da necessidade de alinhar incentivos. Micro e macroeconomia global de mãos dadas, sociedade e tecnologia.

Mas temos de respeitar as escolhas informadas e decisões informadas da sociedade global, do risco, da preocupação intergeracional. A economia como escolha pública social, com os trabalhos de Arrow (1950), com a sua impossibilidade de escolha social que respeite todos os conceitos de justiça social (*fair*= eficiente e equitativa), implica que temos de alargar o campo de trabalho à ciência política e à economia política, e à escolha pública.

O Estado, ou o regulador, tem de prestar contas, terá de ser credível, transparente, terá de cobrar impostos de

Bowen-Lindahl-Samuelson (BLS), i.e., há bens que se agregam na vertical porque são não rivais no consumo, e por natureza intrínseca do bem, são públicos. No entanto, a natureza da provisão pode ser pública e/ou privada, e novamente, também aí, Coase (1960), nos ajuda. Uma das hipóteses do Teorema de Coase, para internalizar externalidade, é que foi feito com preferências quasi-lineares, ou seja, um tipo de preferências para os quais os efeitos rendimento são nulos, logo o que implicaria que não haveria necessidade de redistribuição de rendimento, pois não haveria efeitos rendimento, e a atribuição de direitos de propriedade inicial (seja ela ao ar puro ou ao ar poluído), seria irrelevante. Neste mundo não Pikettiano o rendimento não importaria, mas as preferências não são quasi-lineares e os efeitos rendimento de facto contam. Logo, apesar do nível de produção e externalidade serem os mesmos aconselham-se, mesmo assim, direitos de propriedade ao ar limpo, pois o direito à compensação justifica-se, e se os detentores do ar limpo auferirem menores rendimentos, alinham-se mais facilmente os incentivos, via duplo-dividendo. Assim, a escolha pública depende da definição de custos de transação e empresa (Coase, 2012), além dos custos de contexto e da necessidade de criar um mercado de negociação.

Os mercados do ambiente têm vindo a ser criados, como já temos visto, com algum e relativo sucesso de decréscimo e des-centralização desses custos de transação. De qualquer modo, a não linearidade exponencial do crescimento económico tem levado a um *push* demasiado forte à Natureza, que tem vindo a delapidar o capital natural e tem constituído uma ameaça à biodiversidade (Dasgupta, 2024).

Oliver Williamson (2007), também galardoado com o Nobel da Economia, avançou com inúmeras contribuições na definição de redes de cooperação, de hierarquias e de organização dos mercados, nomeadamente, a ideia central de que à medida que o número de intervenientes

num mercado aumenta, mais aumentam os custos de transação, i.e., de conhecer os agentes entre a procura e a oferta, os custos informacionais e informativos crescem^f. O rendimento, ou a assimetria na sua repartição, tem sido explorado por muitos economistas da desigualdade e do crescimento^g. Como o mundo é novo, o desafio é novo e a resposta não pode ser a mesma, só tudo mudando fica tudo na mesma, i.e., se assegura a nossa sobrevivência enquanto espécie. Assim advogamos quanto à transição energética:

- uma redução dos custos de transação por via do progresso de comunicação permite estabelecer mais facilmente comunidades energéticas eficientes de pequena escala, i.e., pequenos mercados locais de provisão privada a baixo custo fazendo o uso de energia renovável. Veja-se o caso concreto da ACL aqui apresentado.
- uma redução dos custos de eficiência energética pode não ser ainda suficiente para permitir uma transição de fase rápida para uma nova etapa de um novo capitalismo *clean green-blue* sustentável — um novo conceito que chamaríamos *Sustainable Green-Blue Capitalism* (SGB).

^f O progresso na transmissão de informação, apesar das teorias de assimetria de informação (Akerlof, Stiglitz e Spence, 2001), de incompletude de mercados (Magill e Quinzii, 2002), faz-nos sempre lembrar da essência da economia nos fundamentos de uma economia de mercado com *pricing/precificação* eficiente. Um preço, como nos dizia Friedman, é um índice de escassez, um veículo de informação (dessa escassez ou abundância) e um sistema de compatibilidade de incentivos e de redistribuição de rendimento (Friedman, *Capitalism and Freedom*, 1964 (1980); *Money mischiefs*, 1994; Friedman & Friedman, *Memórias*, 1999).

^g Piketty (2014, 2019, 2022 e 2024), por Milanovic (2011 e 2016), por Galor (2011 e 2022) e está na base do sucesso (ou falta dele) da *dismal science*, como lhe chamam os detratores da economia. A economia, como ciência tem de se reinventar repensando os paradigmas, do crescimento endógeno (Romer, 1994; King, Plossser, Rebelo, 1988 a, b; Modelo de crescimento endógeno perpétuo, Rebelo, 1991), aos paradigmas de transição de fase (Galor, 2023), aos paradigmas de crítica ao capitalismo catastrofistas (Nielsen, 2014, 2015 e 2016; Freeman, 1987; Minsky, 2008). Há paradigmas de *degrowth* (Latouche, 2004) ou de economia circular (economia dónute, Raworth, 2018) ou de ameaça à escape de equilíbrio da pobreza (Duflo e Banerjee, 2011; Azariadis e Drazen, 1990).

- a biosfera está sob ameaça, a própria sobrevivência humana (Santos *et al.*, 2023 a,b; James Lovelock, 2019) do ponto de vista biofísico, mas também há que ter em linha a sobrevivência económica. Ou seja, há claramente um *trade-off* entre reduzir a poluição e recorrer aos combustíveis fósseis (assegurando a transição energética limpa) e um aumento incontornável dos custos de transição energética das tecnologias velhas para as novas. Sendo certo, que a eco-esfera está a realizar um efeito de feedback com as alterações climáticas de origem antropogénica. Podemos fazer análise *one shot* de estática comparada no impacte da mudança de paradigma energético. Este modelo de raiz marshalliana com equilíbrio apenas parcial (ao invés do DGEP), permite perceber que tem de ser internalizado o timing da decisão de política económica e de economia política.

Há uma outra dimensão a ter em conta que é a velocidade de adoção da nova tecnologia (renovável) e o seu padrão de difusão, de curva sigmoide-vidé Rogers *et al.* (2014). Quanto mais rápida a difusão, maiores os ganhos de eficiência e de escala das renováveis. A visão intergeracional da transição energética foi estudada por Pica e de Sousa (2023). A necessidade de um contrato intergeracional na transição energética, já foi estudada (Udalov, 2018) e adaptada com sucesso por Pica e de Sousa (2023), tendo em atenção que, ao introduzir uma preocupação dinástica entre os idosos e a geração que vem após a sua morte, se resolve o problema da eficiência, ou falta, dela no mercado de energia e carbono. Poderá parecer utópico, mas, após a morte dessa geração, há que introduzir esta preocupação com as outras. A economia convencional fá-lo do ponto de vista da fiscalidade tradicional das heranças (*bequest*), a nossa visão é que necessitamos de ter uma visão holística da

herança^h. “Cuidando da nossa casa comum” (P. Francisco, *Laudato si*, 2015) pode ser uma fonte de *warm glow*, fica aqui a sugestão ecuménica. A economia a regressar às raízes da economia moral na citada *Teoria dos Sentimentos Morais* (*supra*, 7). A prudência, a temperança, o cuidadoⁱ. Como sempre a maior dificuldade é a sua implementação e exequibilidade, mais do que uma Natureza intrínseca do Homem, a Natureza intrínseca do Homem, também assume a sua Natureza intrínseca como pertencendo neste mundo à Natureza. Uma proposta de uma espécie de eco-centrismo sustentável.

Tal como Gonçalves et al avançaram neste volume, a energia de fusão a baixo custo implicará uma nova fase do capitalismo, de novo, com o acesso a uma enorme de fonte de energética a baixo custo e generalizada — uma nova revolução industrial. Claro que o nível de transição desta energia (TRL, *technology and readiness level* 6) ainda acusa a necessidade de maiores investimentos, basicamente em R&D,

^h Não poderá ser só uma herança fiscal pura de rendimento, mas avançaríamos com uma proposta de herança da pegada ambiental deixada e internalizada. Uma verdadeira preocupação com o legado que fica. Becker distinguia o altruísmo em diferentes vertentes, o altruísmo egoísta, só nos preocupamos com os outros porque nos sentimos nós próprios melhores, o altruísmo recíproco, preocupamo-nos com os outros porque eles se sentem melhores e os outros se sentem melhor porque nos sentimos melhor. Mas, há uma dimensão também na experimental *behavioural economics* em que se fala de “*warm glow*”, ou seja, fazer o bem porque de facto nos preocupamos, em português — o “brilho nos olhos” (Andreoni, 1989). Tomasello (2023) fala de se ajudarmos alguém numa prova e ele tiver boa nota temos o tal altruísmo recíproco, mas se ajudarmos o nosso filho ou ente querido, e se ele, de facto, aprender, independentemente da nota/classificação, aí teremos “*warm glow*”. Distingue, neste caso, as origens dos grandes símios na cooperação efetiva.

ⁱ Tal como outras filósofas introduziram, Gilligan (2014), a preocupação com o outro verdadeira, numa sociedade do risco, é essencial. Um cínico dirá que a visão Nashiana (Nash, 1950 a, b) de um homem egoísta ensimesmado, baseado em Thomas Hobbes, em que o homem é um lobo do próprio homem, tem sido crucial, Neiman (2015) radica a essência do mal no homem. Podemos radicar o mal, a falta da empatia no mau uso da liberdade humana. A teodiceia poder-nos-á dizer que na nossa liberdade de escolha individual em conflito com a escolha social (Arrow, Nash), as soluções cooperativas de Ostrom (1990), Roemer (1996, 2019, baseado em Immanuel Kant, (2020, ano original de 1781) resolvem o problema dos comuns.

o equivalente a dois jogos olímpicos de Paris (€10-20b)^j, o que para uma invenção de transição de fase e de mudança de paradigma se afigura baixo, dado o enorme potencial de construção. Claro, que o risco, incerteza e lucro também podem vir associados a um maior risco de destruição com o aparecimento de armas de fusão nuclear a baixo custo, no horizonte de 40 anos. Quarenta anos podem representar duas gerações as dos nossos filhos e netos, mas o futuro está aí. Assim, podemos estar perante a escolha de dois sistemas um capitalismo green-blue sustentável imediato, baseado na transição das renováveis, e um novo capitalismo de energia de fusão a médio prazo a 40 anos. Será difícil prever qual deles, se um mix, ou se outro sistema emergirá, mas serão determinantes a energia (renovável versus fusão) e a água (ou a escassez ou falta dela). Há que repensar também na base do direito um contrato que seja contingente às gerações vindouras, que seja simultaneamente:

- Claro, transparente, para que se seja facilmente compreensível;
- Justo, credível, para que não haja delapidação de recursos e seja *enforceable*;
- Equitativo, na repartição dos esforços entre gerações, países e continentes;
- Que preveja um mecanismo de governação local e global, baseado na *subsidiariedade*, i.e., que permita resolver o problema ao nível ao qual ele se coloca; baseado na legitimidade, e também na *accountability*; Que utilize o sistema internacional da ONU, OMC, instituições de Bretton Woods, TPI, TJI e IPCC na regulamentação do clima e do ambiente;
- Que articule os órgãos de funcionamento da ONU de modo a implementar uma *Carta dos Direitos Humanos do Ambiente e da Natureza*.

^j O benefício associado aos Jogos Olímpicos de Paris está estimado entre 5 a 10 biliões de euros (*Le Monde*, 2024).

Além disso, será necessário:

- implementar sanções punitivas, do ponto de vista instrumental, numa primeira fase, como forma de evitar “a boleia dos pequenos” (*free riding*);
- implementar negociação em pequenos grupos à la Ostrom, de modo a começar de base a redefinir as redes de pertença, de modo a que a energia e os recursos como a água tenham um valor económico que inclua a sua visão holística e intergeracional; usar o método de Monnet para a construção europeia, para a construção de identidade climática cultural europeia, além do quadro já existente do Green Deal, do Mercado Voluntário de Carbono e do CELE/ETS;
- passar de uma sociedade do risco individualizada de retorno imediato para uma sociedade mais cooperativa e comunitária. Passar de uma sociedade de raiz Nashiana e de Hobbesiana para uma sociedade holística e de preocupação integrada de justiça social Rosseauniana e Kantiana, procurando o *warm glow* à la Tommacello pelo ambiente. (Cf. *open and user innovation* e partilha de economia de ideias, além de Roemer e de Ostrom).
- deixar a liberdade (Isaiah Berlin, 1969) negativa do ambiente imperar primeiro, nomeadamente com taxas punitivas e duplos-dividendos e sanções, que gradualmente a liberdade positiva com a consciência das limitações individuais desenhe, a médio prazo na transição energética, uma forte consciência eco-econo-sociológica;
- redesenhar o sistema internacional, além da visão simplistas do *soft vs hard power* de Nye e do poder pelo poder, realista de Wendt, alinhe e redefina o CS da ONU dos P5, e que o ambiente seja visto como uma questão de segurança humana;
- introduzir o duplo-veto na reforma do CS, com uma ordem internacional consentânea com a equidade, económica, social, política e ambiental;

- reforçar o método dos pequenos passos como *rule of law* inicial, para despoletar uma mentalidade que evite a extinção da espécie humana;
- compaginar os desafios da IA de modo a que uma “Gaia”, i.e., uma eco-esfera, se complementem sem se autodestruírem (Lovelock, 2019).

Ademais, analisando os dilemas de escolha pública presentes das alterações climáticas às negociações associadas à transição energética, poder-se-iam propor estes princípios base para construir um novo contrato social intra e intergeracional, assegurando ciclos virtuosos de transição verde. Vejamos como as complementaridades estratégicas enformam e reforçam esta visão.

COMPLEMENTARIDADES ESTRATÉGICAS

Mesmo um bosquejo rápido do enquadramento histórico-institucional específico de Portugal exige que se aborde a “constituição orçamental” — conceito que se deve à chamada “escolha pública” de James Buchanan (1919–2013), Prémio Nobel em 1986, e Mancur Olson (1932–98) que esclarece o “problema da boleia” relativa ao contrato social no seu famoso *Lógica da Ação Coletiva* (1965). Mostrou-se em 2 acima como a globalização comercial e financeira acelera a mudança institucional e o desenvolvimento económico em “How globalisation improves governance” (in Yueh, 2009) com resultados empíricos de F. Bonaglia e M. Bussolo (2001), apresentado no Vaticano, salientando o “desenvolvimento como esperança”. Porém, argumento desde 1976, que a Constituição portuguesa ignora o desenvolvimento e, em 2003, considerei “Europa, seguro contra a voracidade” por sermos “o bom aluno com a má constituição orçamental”. Acresce que os processos de escolha coletiva relevam da “integridade constitucional” (G. Almeida Ribeiro e N’gunu Tiny, 2004) de cada nação e a nossa não é suficiente apesar de dois séculos de constituições escritas, quase todas inspiradas na sangrenta Revolução Francesa sem, contudo, ter conseguido encontrar a interação

estratégica entre iniciativa privada e Estado-nação que definiu as regras do jogo relativas à criação de moeda e daí a reputação financeira que a França adquiriu — e Portugal perdeu: quanto mais se internacionalizam os mercados financeiros mais necessário se torna compreender a interação básica a nível nacional. Reiterei acerca da banca portuguesa que a construção da União Bancária e da União do Mercado de Capitais a seguir à crise da ZE tem sido muito lenta (Macedo *et al.*, 2020). A questão da integridade constitucional e da reputação financeira depende da relevância para a vida dos cidadãos de matérias fiscais, financeiras e monetárias presentes na constituição política. Acrescem os processos, não necessariamente explícitos, através dos quais recursos privados são arrecadados pelo Estado pela via de impostos (explícitos ou implícitos) e depois distribuídos através de subsídios (diretos ou indiretos). A implicação desta má constituição económica e orçamental prende-se com a reputação financeira, relativamente à qual Portugal tem um padrão geralmente ignorado: de uma bancarrota apenas, entre 1300 e 1800, comparada com 7 para Espanha e 9 para França, passou-se a 6, em 1813–90, comparado com 7 para Espanha e zero para França! Mais sobre este padrão bizarro em Macedo (2003) e sobre o padrão mais frequente por Reinhart & Rogoff (2009), recordado em Henriques (2024), sendo a perda da reputação financeira portuguesa depois de 1813 minuciosamente ilustrada na contribuição de Marc Flandreau ao *Festschrift* e a sua estreia na ACL, em 28 de setembro de 2023, além do conceito de boa e saudável fiscalidade que eliminou as bancarrotas depois de 1891, ao passo que Alemanha e Áustria registam 2 cada e a Grécia, em 1813–90, regista 3 (metade de Portugal) e uma em 2009 com a troika.

Além dos jogos de coordenação decorrentes das propriedades da função de produção na abordagem teórica de Russell Cooper (1988), decorrem de complementaridades estratégicas as reformas de política e seus efeitos no crescimento económico. Vai para sete anos apresentei na Universidade de Évora um gráfico que usei pouco depois numa sessão sobre a dimensão europeia nas reformas estruturais na 2.^a Conferência do GPEARI (Ministério das Finanças) e NOVASBE, que continua citável.

O diagrama de Macedo et al. (2014) ilustra a relação positiva entre boa governação no eixo horizontal e complementaridade das reformas em países da OCDE, incluindo as economias planificadas do leste europeu. Portugal aparece a meio da tabela dos países, com México e Dinamarca como os dois extremos.

É de salientar que, neste caso, a boa governação se relaciona com políticas orçamentais sustentáveis verdes. Quanto às reformas complementares, poderiam elencar-se na lógica de um duplo ou triplo-dividendo verde da política fiscal e mesmo um elemento constitutivo de um novo contrato social ambiental mais alargado tal como foi eventualmente proposto. O gráfico seguinte de Macedo *et al.* (2014, 2015) ilustra, e bem, a relação positiva entre a boa governação (eixo horizontal), reformas complementares (eixo vertical) e crescimento. É de salientar que, neste caso, a boa governação se relaciona com as políticas fiscais sustentáveis verdes e as reformas complementares, se poderiam elencar na lógica de um duplo ou triplo-dividendo verde da política fiscal e mesmo um elemento constitutivo de um novo contrato social ambiental mais alargado tal como foi eventualmente proposto.

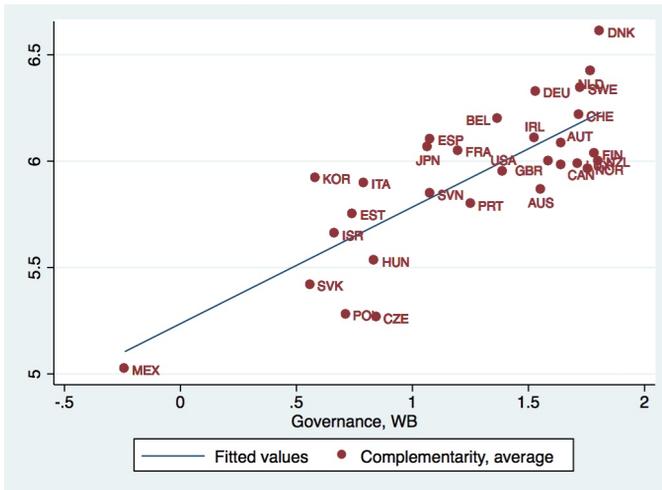


Figura 1. Boa governação (horizontal) e reformas complementares (eixo vertical) (Fonte: Macedo *et al.*, 2014; Martins, 2015).

Desde os anos 70, Tim O’Riordan (2014), um dos criadores do ramo da sustentabilidade, defende que a sustentabilidade é “um caminho de se transformar” (*supra*, 16). Regressamos assim, fechando o ciclo, com uma economia, em que se quer, baseada no direito, nos incentivos, na complexidade e nos modelos matemáticos, sem esquecer que, além de positiva, a economia tem, acima de tudo, de ser uma ciência normativa, alicerçada na ética. Uma economia sem ética, por muitas metas que tenha, não será economia. Daí a importância da construção de instituições sustentáveis e reconversão energética como “*way of becoming carbon neutral*” inspirado em O’Riordan (2014), afinal a herança da história para construir instituições sustentáveis e uma reconversão energética. Santos et al. (2024a e 2024b) esboçam as novas fronteiras da sustentabilidade que abriam este debate: cada ponto de chegada é um ponto de partida e vice-versa. Atentos à história institucional e financeira desde o final da 2.^a guerra mundial, também não podemos esquecer O “1984” de George Orwell e as Resistências ao Sistema^k.

RELEVÂNCIA DA CONSTITUIÇÃO E REPUTAÇÃO FISCAL

A interação estratégica entre iniciativa privada e Estado-nação define as regras do jogo relativas à criação de moeda. Quanto mais se internacionalizam os mercados financeiros mais necessário se torna compreender a interação básica a nível nacional. A construção da União Bancária e da União do Mercado de Capitais a seguir à crise da ZE tem sido muito lenta e não dispensa um bosquejo rápido do enquadramento histórico institucional específico de Portugal, com base na chamada “constituição fiscal”, conceito que se deve à chamada “escolha pública”. Em Macedo (2024) defende-se a constituição fiscal com base em James Buchanan (1919–2013), Prémio Nobel, em 1986, e Mancur Olson (1932–1998), criadores da escola de “escolha pública” já citados. A questão da integridade constitucional, nomeadamente

^k Macedo (2022, p. 99-111) refrescado num curioso texto divulgado pela Harvard Law School onde Climate Change, Corporate Governance, Politics, and the English Language”, Harvard Law School Forum on Global Governance Strine (2024): “Ignorance is Strength”.

da reputação financeira e integridade mostra a relevância de matérias fiscais, financeiras e monetárias presentes na constituição política para a vida dos cidadãos, à qual acrescem processos, não necessariamente explícitos, através dos quais recursos privados são arrecadados pelo Estado pela via de impostos (explícitos ou implícitos) e depois distribuídos através de subsídios (diretos ou indiretos). Tais processos de escolha coletiva relevam da “integridade constitucional” de cada nação que, no nosso caso, começou bem antes da constituição escrita, como revela o quadro de reputação financeira comparada (Almeida Ribeiro e N’gunu Tiny, 2004).

Tabela 1. Número de bancarrotas em países da zona do euro.

	1813–1890	1891–2008	2009–2017	TOTAL
Espanha	7	0	0	14
França	0	0	0	9
Alemanha	3	2	0	8
Áustria	1	2	0	7
Portugal	6	0	0	7
Grécia	3	2	1	6

Dados de Reinhart & Rogoff (2009) ajustados e atualizados.

Tabela 1 ilustra como o conceito de boa e saudável fiscalidade reduziu as bancarrotas, significativamente. É, no entanto, de salientar que são cruciais as complementaridades estratégicas positivas (Cooper, 1988), entre boas e reformas de política e o crescimento económico. A Figura 1 acima ilustra a relação positiva entre a boa governação (eixo horizontal), reformas complementares (eixo vertical) e crescimento. É de salientar que, neste caso, a boa governação se relaciona com as políticas fiscais sustentáveis verdes e as reformas complementares se poderiam elencar na lógica de um duplo ou triplo-dividendo verde da política fiscal e mesmo um elemento constitutivo de um novo contrato social ambiental mais alargado tal como foi eventualmente proposto.

Em janeiro de 2015, a ACL realizou a *Workshop Energy@CPLP*, aberta por Manuel Ferreira de Oliveira, que então presidia à Galp, e na qual o nosso confrade Jean-Pierre Contzen escreveu o seu último trabalho “Fossil Fuels in CPLP: Which Future?”, na sequência do comentário ao confrade angolano

Manuel Alves da Rocha. Lembrar esta colaboração com RVM mostra o interesse da ACL por estes temas, numa abordagem interdisciplinar bem expressa num outro trabalho de Jean-Pierre Contzen, *Science and society, successes and failures of the couple, between Prometheus and Cassandra*, que apresentou, em 2010, na *Académie royale de Belgique*, onde fundou a Classe Tecnologia e Sociedade. À tensão entre Prometeu e Cassandra, bem presente no decorrer do colóquio, acresce a preocupação com as políticas públicas relevantes, vistas no seu impacto socioeconómico e detalhe jurídico, sem esquecer a necessária complementaridade entre elas, desde logo no que toca às alterações climáticas. Cientes de que muita gente julga nada dever às gerações futuras, e que a colaboração entre Estados é complexa mesmo dentro de uniões como a europeia ou de comunidades como as de língua inglesa ou portuguesa, acreditamos na missão da Academia fazer trabalho útil para a sociedade (Macedo, 2015 e a *Carta à Rainha Lusófona*, resumida em Baptista, 2017).

Citando a conclusão do capítulo 3, Tim O’Riordan (2014), um dos criadores do ramo da sustentabilidade, defende, desde os anos 70, que a sustentabilidade é “*a way of becoming*”, ou seja, “um caminho, de se transformar”. Regressamos assim, fechando o ciclo, com uma economia, em que se quer baseada no direito, nos incentivos, na complexidade e nos modelos matemáticos, sem esquecer que além de positiva, a economia tem, acima de tudo, de ser uma ciência normativa, alicerçada na ética. Uma economia sem ética, por muitas metas que tenha, não será economia. Daí a importância da construção de instituições sustentáveis e da reconversão energética e do “*way of becoming carbon neutral*”.

Vale citar Santos et al. (2024) que congrega análises de um físico climático deste relatório, Filipe Duarte Santos, com Rocha de Sousa, em que esboçam as novas fronteiras da sustentabilidade, e que foi apresentado como resultado final de Santos, logo na sua alocução inicial de abertura do debate. Cada ponto de chegada é um ponto de partida, e vice-versa. O futuro das nossas gerações vindouras constrói-se hoje. As ciências sociais, sejam elas quantitativas e/ou hermenêuticas têm um papel chave na compreensão do fenómeno da transição energética, na criação de cenários, no debate

informado científico e na implementação de políticas viáveis, transparentes, resilientes, alinhadas, participadas e participativas e com um fórum de debate alargado, consciente da importância deste exercício de diálogo Sociedade & Tecnologia e Tecnologia & Sociedade.

REFERÊNCIAS

- Almeida Ribeiro, G e N'gunu Tiny (2024), Parcerias Público-Privadas e Integração Económica na África austral, organizador JBM com Carlos Feijó, IICT, 2004.
- Andreoni (1989) Giving with impure altruism: Applications to charity and Ricardian equivalence. *Journal of political Economy*, 97(6), 1447-1458.
- Arrow, K. J. (1950). A difficulty in the concept of social welfare. *Journal of political economy*, 58(4), 328-346.
- Azariadis, C., & Drazen, A. (1990). Threshold externalities in economic development. *The quarterly journal of economics*, 105(2), 501-526.
- Baptista, Fernando Paulo (2017) org *Homenagem ao Papa Francisco por ocasião da sua vinda a Fátima*, Lisboa: Edições Piaget, 2017.
- Berlin, I. (1969). *Four essays on liberty*. Oxford University Press.
- Blinder, A. (1999) *Central Banking in Theory and Practice*. MIT press, Massachusetts.
- Braudel, F. (2022a) *Civilisation matérielle, économie et capitalisme-Tome 1: Les structures du quotidien*. Armand Colin.
- Braudel, F. (2022b). *Civilisation matérielle, économie et capitalisme-Tome 2: Les jeux de l'échange*. Armand Colin.
- Brites Pereira, L, Mata, M. E. , de Sousa M.R. (eds) (2021) *Economic Globalization and Governance*, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53265-9>
- Buchanan, J. M. & Tullock, G. (1965). *The calculus of consent: Logical foundations of constitutional democracy* (Vol. 100). University of Michigan press.
- Coase, R. H. (2012). *The firm, the market, and the law*. University of Chicago press.
- Coase, R. H. (1960). "The Problem of Social Cost". *Journal of Law and Economics*, 3(1.44).
- Caleiro, A. B., de Sousa, M. R., & de Oliveira, I. A. (2019). "Global development and climate change: A game theory approach". In: Reis and Sequeira: *Climate Change and Global Development: Market, Global Players and Empirical Evidence*, 17-35; Springer.
- Collares Pereira, M. (ed.) (2022) *Desenvolvimento Sustentável. Verdade e Consequências*. Documenta. Lisboa.

- Cooper, R. (1999). *Coordination games*. Complementarities and macroeconomics. Cambridge University Press.
- Dasgupta, P. (2024). *The economics of biodiversity*. Cambridge university Press.
- Duflo, E., & Banerjee, A. (2011). *Poor economics (Vol. 619)*. New York: Public Affairs.
- Flandreau Marc (2023) "Civil War Redux: The Leveraged Buy-Out of Portugal, 1828-1834", ACL.
- Francisco, Papa (2015) *Laudatio si. A nossa casa comum*. Encíclica papal. Vaticano, disponível no site: https://www.vatican.va/content/francesco/pt/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html
- Freeman, C. (1987). "Technical innovation, diffusion, and long cycles of economic development". In *The Long-Wave Debate: Selected Papers from an IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) International Meeting on Long-Term Fluctuations in Economic Growth: Their Causes and Consequences*, Held in Weimar, GDR, June 10–14, 1985 (pp. 295-309). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Friedman, M e Friedman, R. (1999) *Memories. Two Lucky People*. University of Chicago.
- Friedman, M. (1994) *Episódios de História Monetária, Europa-América*, Lisboa.
- Friedman, M. (1980) *Capitalismo e Liberdade, Europa-América*, Lisboa.
- Galor, O. (2022) *A Jornada da Humanidade*. Leya.
- Galor, O. (2011) *Unified Growth Theory*. Princeton University Press.
- Gilligan, C. (2014) Moral injury and the ethic of care: Reframing the conversation about differences. *Journal of social philosophy*, 45(1).
- Henriques, António Castro (2024) "Portugal e Espanha na 'Revolução Financeira' europeia (1490-1520)", *Academia Portuguesa de História*, 20Mar
- Kant, I. (1781) (2020). *Crítica da razão pura*. Edipro.
- King, R. G., Plosser, C. I., & Rebelo, S. T. (1988a). "Production, growth and business cycles: II. New directions". *Journal of Monetary Economics*, 21(2-3), 309-341.
- King, R. G., Plosser, C. I., & Rebelo, S. T. (1988b). "Production, growth and business cycles: I. The basic neoclassical model". *Journal of monetary Economics*, 21(2-3), 195-232.
- Kydland, F. E., & Prescott, E. C. (1977). Rules rather than discretion: The inconsistency of optimal plans. *Journal of Political Economy* 85(3), 473-491.
- Latouche, S. (2004). *Survivre au développement: De la décolonisation de l'imaginaire économique à la construction d'une société alternative*. Fayard/Mille et Une Nuits.

- Lovelock, J. (2019). *Novacene: The coming age of hyperintelligence*. MIT Press.
- Macedo, JB de (2021). *Jorge Borges de Macedo Obras Escolhidas*, Gulbenkian, 2021
- Macedo, J.B. e Rocha, M.A. (2021) *Globalização em Português revoluções e continuidades Africanas*, Principia.
- Macedo, J. B., de Cassola, N. & Lopes, S. R. (2020). *Por onde vai a banca em Portugal?*. Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Macedo, J. B., Martins, J. O., & Rocha, B. (2014). Are complementary reforms a “luxury” for developing countries?. *Journal of Comparative Economics*, 42(2), 417-435.
- Macedo, J.B. (2001). Globalisation and Institutional Change: A Development Perspective *Globalization Ethical and Institutional Change*, Vaticano.
- Macedo, J.B. “Globalização e Governação: uma perspetiva portuguesa” in *D’aquém, d’além e d’ultramar Homenagem a António Dias Farinha*, organizado por Francisco Contente Domingues *et al*.
- Macedo, J.B. (2003a) “Europa seguro contra a voracidade” in Ribeiro, M. M. T., Melo, A. M. B. D. & Porto, M. C. L. (org). *Portugal e a construção europeia*.
- Macedo, J.B. (2003b) “Portugal’s European Integration: the good student with a bad fiscal constitution”, *Spain and Portugal in the European Union The first fifteen years*, S Royo e PC Manuel (org).
- Macedo, J.B. (1996) “Portugal and European Monetary Union: Selling Stability at Home, Earning Credibility Abroad”, *Monetary Reform in Europe*, Francisco Torres (org), Lisboa: Universidade Católica.
- Macedo, J.B. (2015) Writing to Queens while crises proceed In Memory of Manuel Jacinto Nunes, IICT.
- Macedo, J.B. (2017) “Diversidade da Lusofonia, no Espaço e no Tempo”, in Baptista, pp. 487-8.
- Magill, M. & Quinzii, M. (2002). *Theory of incomplete markets (Vol. 1)*. MIT press.
- Malhó, Rui (2021) *Complexidade: implicações e políticas globais*, com João Caraça, J.B. Macedo, Vilela Mendes *et al*. By the Book.
- Martins, J.O., *Governance Premium: First results*, OECD (2015).
- Milanovic, B. (2016) *Global Inequality: A New Approach for the Age of Globalization*. Harvard University Press.
- Milanovic, B. (2011) *Worlds apart: Measuring international and global inequality*. Princeton University Press.
- Minsky, H. P., & Kaufman, H. (2008). *Stabilizing an unstable economy (Vol. 1)*. New York: McGraw-Hill.

- Neiman, S. (2015). *Evil in modern thought: An alternative history of philosophy*. Princeton University Press.
- Nielsen, R. W. (2016). "Demographic Transition Theory and its link to the historical economic growth". *Journal of Economics and Political Economy*, 3(1), 32-49.
- Nielsen, R. W. (2015). "Unified Growth Theory contradicted by the GDP/cap data". arXiv preprint arXiv:1511.09323.
- Nielsen, R. W. (2014). "Changing the paradigm". *Applied Mathematics*, 2014.
- Nobel Foundation (2001) "Akerlof, Spence and Stiglitz: markets with imperfect information", recuperado no dia 20nov/2024 <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2001/advanced-information/>
- Nordhaus, W. (2019). Climate change: The ultimate challenge for economics. *American Economic Review*, 109(6), 1991-2014.
- Nye, J. S. (2023). The rise of China's soft power. In *Soft Power and Great-Power Competition: Shifting Sands in the Balance of Power Between the United States and China* (pp. 97-99). Singapore: Springer Nature Singapore.
- O'Riordan, T. (2014), Environmental Science for Environmental Management Editor, Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315839592>
- Olson M *The Logic of Collective Action Public Goods and the Theory of Groups*, 1965.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University press.
- Pereira, A. M., Pereira, R. M. & Rodrigues, P. G. (2016). *A new carbon tax in Portugal: A missed opportunity to achieve the triple dividend?*. *Energy Policy*, 93, 110-118.
- Pica, A.P. e de Sousa, M. R. (2023). "An OLG model approach to climate change with intergenerational concern and Game Theory". SASE Society for Advancement of Socio Economics, World Congress, July 2023, Brazil. Disponível como WP do CEFAGE: <https://www.cefage.uevora.pt/en/research/publications/working-papers/4475/>
- Piketty, T. (2024) *Natureza, cultura e Desigualdades*, Objetiva, Portugal. Piketty, T. (2022) *A brief History of Equality*, Belknap Press, Harvard. USA.
- Piketty, T. (2019) *Capital e ideologia*. Temas e Debates. Portugal.
- Piketty, T. (2014) *Capital no século XXI*, Temas e Debates, Portugal.
- Raworth, K. (2018). *Doughnut economics: Seven ways to think like a 21st century economist*. Chelsea Green Publishing.
- Rebelo, S. (1991). "Long-run policy analysis and long-run growth". *Journal of political Economy*, 99(3), 500-521.

- Reinhart, C. M. & Rogoff, K. S. (2009). *This time is different: Eight centuries of financial folly*. Princeton University Press.
- Roemer, J. E. (2019). *How We Cooperate*. Yale University Press.
- Roemer, J. E. (1996). *Theories of distributive justice*. Harvard University Press.
- Rogers, E. M., Singhal, A., & Quinlan, M. M. (2014). Diffusion of innovations. In *An integrated approach to communication theory and research*. pp. 432-448. Routledge.
- Romer, P. M. (1994). "The origins of endogenous growth". *Journal of Economic perspectives*, 8(1), 3-22.
- Salanié, B. (2005). *The economics of contracts: a primer*. MIT press.
- Salanié, B. (2000). *Microeconomics of market failures*. MIT Press.
- Santos, F.D., O’Riordan, T., de Sousa, M. R. et al. (2024a) "Unveiling global sustainability boundaries: exploring inner dimensions of human critical determinants for sustainability". *Sustain Sci*. <https://doi.org/10.1007/s11625-024-01462-0>
- Santos, F.D., O’Riordan, T., Rocha de Sousa, M., Pedersen, J.S.T., *The Six Critical Determinants That May Act as Human Sustainability Boundaries on Climate Change Action*. *Sustainability*. 2024; 16(1):331. <https://doi.org/10.3390/su16010331>
- Shafik, M. (2021). *What we owe each other: A new social contract for a better society*. Princeton University Press.
- Smith, A., (1776) [2007]. *The Wealth of Nations: An Inquiry Into the Nature and Causes of the Wealth of Nations: With an introduction by Jonathan B. Wight*, University of Richmond. Harriman House Limited.
- Smith, A. (1751) (2010). *The theory of moral sentiments*. Penguin.
- Stern, N. (2007) *The economics of Climate Change: The Stern Review*. HM treasury, UK.
- Stiglitz, J. E., Sen, A., & Fitoussi, J. P. (2009). *Report by the commission on the measurement of economic performance and social progress*. Disponível em <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/8131721/8131772/Stiglitz-Sen-Fitoussi-Commission-report.pdf> recuperado em 6/03/2024
- Strine Jr. Leo E. (2024), "Ignorance is Strength: Climate Change, Corporate Governance, Politics, and the English Language", *Harvard Law School Forum on Global Governance*, February 2024.
- Tomasello, M. (2023) *Differences in the social motivations and emotions of humans and other great apes*. *Human Nature*, 34(4), 588-604.
- Yueh L (org) 2009, *The Law and Economics of Globalisation*, Edward Elgar.
- Udalov, V. (2018). *Analysis of Individual Renewable Energy Support: An*

Enhanced Model (No. disbei245). Universitätsbibliothek Wuppertal, University Library. Recolhido em 20/nov/2024 em: <https://ideas.repec.org/p/bwu/eiwdp/disbei245.html>

Williamson, O. (2007) The economic institutions of capitalism. Firms, markets, relational contracting. pp. 61-75. Gabler.

Modelo de referência para avaliação do esforço necessário para a redução das emissões de CO₂: Emissões Globais, emissões dos seis maiores poluidores e emissões de Portugal

JOSÉ M. BELBUTE^{*} E ALFREDO M. PEREIRA^{**}

RESUMO

Este artigo fornece previsões de referência para emissões mundiais de CO₂ provenientes da combustão de combustíveis fósseis e da produção de cimento, para o planeta, para os seis países mais emitentes e para Portugal, com base numa abordagem ARFIMA. As nossas projeções sugerem que será necessário reduzir as emissões globais do planeta em 97,4% até 2050. Este esforço político será claramente mais intenso no início, uma vez que cerca de 60% desses esforços terão de ocorrer até 2030.

Para atingir a meta do IPCC, os esforços políticos nos casos dos EUA, da EU (28), da Rússia e do Japão são menores e menos concentrados no início do que os próprios objetivos do IPCC.

Nos casos da China, da Índia e do resto do mundo, são necessários esforços de política adicionais para alcançar reduções nas emissões de 105,0%, 156,0% e 111,4%, dos níveis de 2010, respetivamente. No caso da Índia, os esforços políticos não são apenas bastante severos, mas são também bastante concentrados nos anos iniciais; cerca de 74% dos esforços políticos teriam de ocorrer até 2030.

^{*} Departamento de Economia, Universidade de Évora, Center for Advanced Studies in Management and Economics – CEFAGE.

^{**} Department of Economics, William and Mary, Williamsburg, VA 23187, USA.

Para Portugal, para que as metas da Lei de Bases do Clima sejam alcançadas, é necessário reduzir as emissões em 65.5% das emissões Globais até 2050. Este esforço político será claramente mais intenso no início, uma vez que cerca de 38% desses esforços terão de ocorrer até 2030.

Além disso, a maior parte destes esforços tem de ser realizada até 2030. Finalmente, a presença de memória longa nos dados sugere que as políticas devem ser persistentes para garantir reduções permanentes nas emissões. Estes resultados aumentam o sentimento de urgência em lidar com a questão da descarbonização da Economia.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo consiste em fornecer previsões de referência para as emissões de CO₂ globais dos seis maiores países emitentes, bem como de Portugal, com origem na utilização dos combustíveis fósseis (sólidos, líquidos e gás) e na produção de cimento. O nosso objetivo final reside em comparar as nossas previsões de referência com as metas de emissões relevantes e, assim, determinar quanto de esforço político adicional é necessário para atingir tais metas.

Existem fortes evidências científicas que confirmam o aquecimento do sistema climático do planeta, com o aumento da temperatura da atmosfera e dos oceanos, a elevação do nível do mar, o descongelamento do gelo, entre outros, cujas causas mais prováveis são o aumento da concentração de emissões antrópicas de gases de efeito estufa na atmosfera [ver, por exemplo, o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas de 2014, IPCC (2014)].

Mais recentemente, o IPCC [ver IPCC (2018)] apontou que o limitar o aquecimento global a 1,5 °C exigiria transições "... rápidas e de longo alcance..." nos solos, na energia, na indústria, nos edifícios, nos transportes e nas cidades. Além disso, as emissões antropogênicas líquidas globais de CO₂ precisariam de diminuir cerca de 45% em relação aos níveis de 2010, até 2030, atingindo o "zero líquido" por volta de 2050.

No caso Português, estas novas metas foram, em termos gerais, incorporadas no Roteiro para a Neutralidade Carbónica, divulgado como um Resolução do Conselho Ministerial Português de julho de 2019 [RNC2050 (2019)]. Acresce que a Lei de Base do Clima (Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro) aponta para que o “O Estado Português se compromete a alcançar a neutralidade climática até 2050 (Emissões iguais ao valor dos sumidouros naturais) e a avaliar, até 2025, a viabilidade da antecipação desta meta para 2045 (Artigo 18 da Lei de bases do Clima. Por outro lado, o artigo 19.º desta Lei aponta para a redução de 55% das emissões de CO₂ em 2030.

Identificar o cenário de referência adequado é um primeiro passo crítico para determinar a extensão dos esforços políticos necessários para atingir qualquer meta política para as emissões e, assim, determinar os custos envolvidos na persecução das metas.

Existem duas questões políticas fundamentais nestas matérias. A primeira questão trata de identificar quais serão as emissões em 2030 e 2050 num cenário de referência. No nosso caso, iremos usar a definição do IPCC para o cenário de base, que assume não existir nenhuma política ou medida de mitigação além daquelas que já estão em vigor e/ou legisladas ou planeadas para implementação. A segunda questão, e como corolário, é a determinação da dimensão dos esforços políticos adicionais necessários para atingir tais metas de emissões.

Especificar um cenário de referência, tal como nas projeções típicas de cenários de referência, significa prever uma trajetória para as emissões de CO₂ que reflita as tendências demográficas existentes, as tendências prospetivas para os processos energéticos e industriais, para os sectores dos serviços, residencial, transportes e resíduos, bem como, compromissos políticos. Esta abordagem convencional para estabelecer cenários de referência, no entanto, introduz um grande número de pressupostos de trabalho e um grande grau de arbitrariedade nas suas especificações, obscurecendo assim a informação que pretende fornecer.

Este artigo utiliza uma abordagem de média móvel autoregressiva fracionalmente integrada (ARFIMA, doravante), para fornecer previsões de

referência para as emissões de CO_2 , com base numa análise estatística abrangente das diferentes séries temporais e reconhecendo a possível presença de memória longa com o recurso à integração fracionária. As nossas previsões baseiam-se estritamente nos fundamentos estatísticos mais elementares dos processos estocásticos subjacentes às emissões. Como tal, captam a informação incluída na amostra e assumem, implicitamente, que as tendências observadas continuarão no futuro. Assim, as nossas previsões fornecem o caso de referência mais fundamental para a previsão de emissões (ver Belbute e Pereira (2015) para uma aplicação desta metodologia de previsão para desenvolver cenários de referência para as emissões mundiais de CO_2). Além disso, esta metodologia reconhece que os padrões de emissão estão sujeitos a um grande grau de inércia devido aos padrões de consumo e às tecnologias de produção. Nesse sentido, é fundamental o foco em uma metodologia que destaque a relevância da dinâmica de longo prazo.

Existe atualmente uma extensa literatura sobre integração fracionária, que vai muito além da dicotomia estacionária/não estacionária para considerar a possibilidade de que as variáveis possam seguir um processo de memória longa (ver, entre outros, Diebold e Rudebusch (1991), Lo (1991), Sowell (1992a) e Palma (2007)). A metodologia ARFIMA é inspirada numa literatura emergente sobre a análise de emissões de energia e carbono com base numa abordagem de integração fracionada (ver, por exemplo, Barassi *et al.* (2011), Apergis e Tsoumas (2011, 2012), Barros *et al.* (2016) e Gil-Alana *et al.* (2015) e Belbute e Pereira (2016 e 2017)).

Nesta literatura, a dependência de longo prazo é caracterizada por uma função de autocovariância hiperbolicamente decrescente e por uma densidade espectral que se aproxima do infinito à medida que a frequência tende a zero [ver, entre outros, Baillie (1996), Diebold e Rudebusch (1989) e Delgado e Robinson (1994)]. A intensidade deste fenómeno pode ser medida por um parâmetro diferencial, que inclui os casos estacionários e não estacionários como casos particulares.

Memória longa significa que existe uma dependência significativa entre observações amplamente separadas no tempo e, do ponto de vista político, os efeitos dos choques são temporários, mas duradouros. Daqui decorre que

a única forma de alcançar efeitos permanentes consiste na adoção de políticas também elas permanentes.

A dicotomia tradicional entre estacionaridade e não estacionariedade sugeriria que os efeitos das políticas transitórias têm duração curta (caso estacionário) ou permanentes (caso não estacionário). Esta abordagem mais rígida tende a levar a implicações políticas erróneas, seja pela identificação de efeitos de curta duração, onde os efeitos podem realmente ser duradouros, seja pela identificação de efeitos permanentes, quando os efeitos podem na verdade significar reversão para a média. Consequentemente, as propriedades de integração fraccionária das emissões de CO_2 têm implicações políticas importantes para a especificação de cenários de referência de longo prazo para as emissões.

Em termos de projeções das emissões de CO_2 , a nossa abordagem usa apenas a informação incluída no processo estocástico subjacente aos dados num contexto no qual as políticas existentes permanecem invariáveis. O nosso quadro metodológico deve ser compreendido também no contexto do debate atual sobre quais os benchmarks que devem ser usados para avaliar os esforços de política necessários para a descarbonização da Economia e monitorizar o cumprimento das metas associadas, por exemplo, aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

As nossas projeções ARFIMA refletem as emissões de CO_2 que existiriam numa data futura, na ausência das metas e não o valor observado num determinado ano, como foi o caso com as metas do Protocolo de Quioto e, mais recentemente, com o Acordo de Paris [ver Markandaya *et al.* (2019)].

2. DADOS

Neste estudo usamos dados anuais para as emissões agregadas de CO_2 globais, dos seis países mais poluidores, e de Portugal, para o período entre 1950 e 2017. Os dados até 2014 foram obtidos no Carbon-Dioxide information Analysis Centre (ver Boden *et al.* (2017)). Este conjunto de dados contém informações que remontam a 1870. No entanto, neste estudo optamos

por trabalhar apenas com os dados a partir de 1950, dadas as profundas mudanças estruturais ocorridas após a Segunda Guerra Mundial. Por sua vez, os dados para 2015–2017 foram obtidos a partir dos inventários de emissões nacionais recolhidos pelas Nações Unidas (ver UM–FCCN (2018)) e relatados pelo Global Carbon Atlas (2019).

As emissões de CO₂ usadas neste trabalho são a soma de cinco componentes: emissões usadas na queima de combustíveis fósseis — sólidos, líquidos, gás, e queima de gás — e emissões resultantes da produção de cimento. Os dados não consideram as emissões do uso da terra, nem das mudanças no uso da terra e silvicultura. Todas as variáveis são medidas em milhões de toneladas métricas de carbono por ano (mt, doravante), e foram convertidas em unidades de dióxido de carbono multiplicando os dados originais por 3,664, o rácio entre os dois pesos atômicos.

3. RESULTADOS

Apresentam-se de forma esquemática, os principais resultados e implicações de política:

- As séries temporais das emissões de CO₂ tem todas memória longa,
- Estimamos projeções de referência para as emissões de CO₂ com origem na queima de combustíveis fósseis e na produção de cimento para a) o planeta, b) os seis maiores emitentes e d) para Portugal,
- Os resultados confirmam que a inércia subjacente ao cenário de referência é, por si só, insuficiente para gerar uma trajetória de emissões de CO₂ que alcançaria a neutralidade de carbono até 2050 e, em particular, as metas intermediárias do IPCC,
- A propriedade de reversão para a média das nossas estimativas implica que o esforço de política deve ser persistente para produzir efeitos igualmente persistentes,
- Isso é particularmente relevante no quadro das estratégias nacionais e globais para alcançar a neutralidade de carbono em

2050, onde será crucial promover mudanças permanentes de comportamento e não apenas soluções de curto prazo,

- Os esforços políticos necessários para atingir a descarbonização são muito exigentes e antecipáveis, dado que as metas do IPCC2 018 exigem, em média, uma redução nas emissões até 2030 equivalente a cerca de 60% tendo em conta os níveis de referência de 2010,
- Os nossos resultados sugerem ainda que as políticas de descarbonização da economia até 2050 devem ser ajustadas considerando as características específicas de cada um dos diferentes componentes regionais das emissões agregadas de CO₂ (diferenças na inércia),
- A circunstância dos seis maiores emitentes de CO₂ serem responsáveis por 65,3% das emissões globais, pode ser encarada como uma oportunidade de encontrar uma forma de liderança na gestão global do processo de descarbonização da economia até 2050, no quadro da ONU, tal como ocorre com outras temáticas societais, como o Desenvolvimento Sustentável com assumidos por todos os membros nos ODS de 2015.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta projeções de referência para as emissões de CO₂ com origem na queima de combustíveis fósseis e na produção de cimento à escala planetária, para os seis maiores países emitentes e para Portugal, fazendo uso de uma metodologia que reconhece a presença de memória longa nas emissões de CO₂.

Os nossos resultados têm implicações políticas importantes. Em primeiro lugar, as nossas projeções de referência de emissões capturam o efeito de inércia subjacente às emissões de CO₂. Esse exercício permite avaliar os esforços de política necessários para atingir a neutralidade carbónica em 2050.

Trivialmente, os resultados confirmam que a inércia subjacente do cenário de referência é, por si só, insuficiente para gerar uma trajetória de emissões de CO₂ que alcançaria a neutralidade de carbono até 2050 e, em particular, as metas intermediárias do IPCC. Sem surpresa, as nossas previsões sustentam a alegação do relatório do IPCC (2018) de que são necessários e cruciais esforços de política ativos, adicionais e persistentes para atingir as metas estabelecidas para os níveis de emissões.

Em segundo lugar, a presença de memória longa nos dados sobre as emissões implica que qualquer choque de política terá efeitos temporários, embora sejam mais duradouros do que o sugerido pela análise tradicional de estacionariedade binária. Entretanto, a propriedade de reversão para a média das nossas estimativas, implica que o esforço de política deve ser persistente para produzir efeitos igualmente persistentes. Isso é particularmente relevante no quadro das estratégias nacionais e globais para alcançar a neutralidade de carbono em 2050, através de mudanças permanentes de comportamento.

Finalmente, os esforços políticos necessários para atingir a descarbonização são muito exigentes e antecipáveis dado que as metas do IPCC2018 exigem, em média, uma redução nas emissões até 2030 equivalente a cerca de 60% tendo em conta os níveis de referência de 2010.

Do ponto de vista global, os impactos económicos e sociais das mudanças climáticas — na produtividade, recursos hídricos, nos solos, no transporte, na produção e consumo de energia, nas migrações, no turismo e lazer, nas infraestruturas, na capacidade de produção de alimentos, no bem-estar e saúde pública, na biodiversidade e até na estabilidade política — estão ainda longe de ser totalmente identificados e muito menos internalizados na tomada de decisões de política. Os nossos resultados contribuem para fortalecer a ideia da necessidade de definir e implementar políticas de transição, adaptação e mitigação das alterações climáticas, nomeadamente na esfera da energia, consistentes com a meta de neutralidade de carbono em 2050, totalmente alinhadas não só com os objetivos do Acordo de Paris, mas também, quanto aos ODS. Essas políticas são urgentes, gigantescas e antecipáveis dado que mais de 2/3 dos esforços de redução das emissões de CO₂

terão de ocorrer até 2030 para que as metas do IPCC sejam realizáveis, com ou sem Covid-19, com ou sem guerras.

Os nossos resultados sugerem ainda que as políticas de descarbonização da economia até 2050 devam ser ajustadas considerando as características específicas de cada um dos diferentes componentes regionais das emissões agregadas de CO₂. Dadas as diferenças na inércia das emissões nas diferentes regiões, uma abordagem indiferenciada não serve. Assim, os nossos resultados fornecem pistas sobre a contribuição necessária de cada região/país analisado para cumprir as metas do IPCC. Na verdade, a contribuição das quatro regiões — EUA, UE (28), Rússia e Japão —, cujas trajetórias de emissões estão a diminuir representam 33,9% das emissões mundiais, mas devem contribuir com apenas 20,0% das reduções de emissões necessárias até 2030. O oposto é verdadeiro para China, Índia e resto do mundo, para quem o cumprimento das metas do IPCC até 2030 significará uma redução de 28,9% e 10,3% e 39,9% das emissões totais, respetivamente, enquanto eles representam 26,8%, 5,8% e 33,4% das emissões. Nesse sentido, o comércio de reduções de emissões entre essas regiões pode ser uma estratégia ótima.

No caso de Portugal, os nossos resultados sugerem que os esforços de política necessários para atingir a descarbonização são muito exigentes e a maior parte do esforço (55% do volume necessário para atingir a neutralidade carbónica) terá de ocorrer até 2030, como estipula a Lei de Base do Clima (Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro). De acordo com a informação mais recente (vide Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2021) esta meta pode ser atingida.

Muitas vezes fomos confrontados com a pergunta sobre se o esforço que o país vem realizando há já mais de vinte anos vale a pena, tendo em conta a insignificância do nosso volume de emissões quando comparado com a dimensão do esforço global necessário para atingir a neutralidade carbónica em 2050.

O argumento é tentador. Desde logo porque remete para uma evidência inatacável: as emissões não têm fronteiras, pelo que os efeitos esperados das

alterações climáticas em Portugal não dependem das emissões nacionais, mas antes das emissões globais. No entanto, a participação do país no esforço de limitação/redução e mitigação dos efeitos das alterações climáticas é um claro sinal de compromisso assim como uma oportunidade para participar no processo de criação, valoração e difusão do conhecimento.

Para concluir, a relevância da aplicação da nossa metodologia não é paroquial. Na verdade, a necessidade de identificar um cenário de referência significativo para as emissões é universal. A avaliação prospetiva da política de mitigação requererá sempre a identificação de um cenário de referência para as emissões, para identificar o momento e a magnitude dos esforços de política e para a avaliação da sua eficácia. A definição de uma *benchmark* significativa será melhor alcançada identificando um cenário de referência que reflita o valor de emissões que existiriam numa data futura, na ausência de quaisquer metas e de políticas de redução das emissões, ao invés de um qualquer valor observado, num determinado ano (ver, por exemplo, Markandya, (2019)).

O método apresentado neste trabalho tem a vantagem de gerar tal cenário de referência que reflete a presença de memória de longo prazo do sistema de emissões. Considerar a memória de longo prazo do sistema é fundamental não apenas para a formulação das previsões de referência mais precisas, mas também para o entendimento da natureza da resposta do sistema de emissões a grandes choques sistémicos.

Naturalmente, não é isento de limitações o nosso método de identificação do cenário de referência e, concomitantemente, os esforços da política para atingir as metas de emissão necessárias. Em primeiro lugar, ao focar na inércia do passado, a nossa abordagem pode não captar algumas das dinâmicas que promovam uma maior consciência ambiental e a adoção de comportamentos mais conscientes com o meio ambiente. A nossa metodologia sugere, no entanto, que o grande fosso entre os padrões de emissões atuais e as metas de emissões futuras é altamente improvável que seja superado sem esforços políticos claros, deliberados, abrangentes e substanciais. Como tal, identificar o momento e a magnitude desses esforços de política

requer uma atualização frequente das previsões de referência à luz de novos dados, da implementação de novas políticas.

REFERÊNCIAS

- Apergis, N. & Tsoumas, C. (2012). "Long Memory and Disaggregated Energy Consumption: Evidence from Fossil Fuels, Coal and Electricity Retail in the US," *Energy Economics* 34, 1082-87.
- Apergis, N. and C. Tsoumas (2011). "Integration Properties of Disaggregated Solar, Geothermal and Biomass Energy Consumption in the US," *Energy Policy* 39, 5474-79.
- Baillie, R. (1996). "Long-Memory Processes and Fractional Integration in Econometrics," *Journal of Econometrics* 73, 5-59.
- Barassi, M., Cole, M. & Elliott, R. (2011). "The Stochastic Convergence of CO₂Emissions: A Long Memory Approach," *Environmental Resource Economics* 49, 367-385.
- Barros, C., L. Gil-Alana & de Gracia, F. (2016). "Stationarity and Long Range Dependence of Carbon Dioxide Emissions: Evidence for Disaggregated Data," *Environmental Resource Economics* 63, 45-56.
- Belbute, J., & Pereira, A. (2021). "ARFIMA Reference Forecasts for Worldwide Co2 emissions and the national Dimension of the Policy efforts to meet IPCC targets" *Journal of Economic Development*, Vol. 6, No. 4.
- Belbute, J., & Pereira, A. (2020a). "Reference forecasts for Co2 emissions from fossil-fuel combustion and cement production in Portugal," *Energy Policy*, 144. [doi 10.1016/j.enpol.2020.111642].
- Belbute, J., & Pereira, A. (2020b). "ARFIMA Reference Forecasts for Worldwide Co2 emissions and the need for large and Frontloaded Decarbonization Policies", *Journal of Economics and Public Finance*, 6 (4), 41-57. [doi:10.22158/jepf.v6n4p41]
- Belbute, J. & Pereira, A. (2017). "Do Global CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Consumption Exhibit Long Memory? A Fractional Integration Analysis," *Applied Economics*, [DOI:10.1080/00036846.2016.1273508].
- Belbute, J. & Pereira, A. (2016). "Does Final Energy Demand in Portugal Exhibit Long Memory? A Fractional Integration Analysis," *The Portuguese Economic Journal*- 15(2), 59-77.

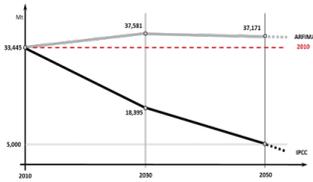
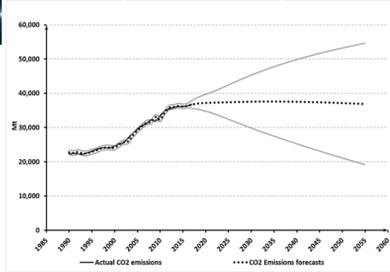
- Belbute, J. & Pereira, A. (2015). "An Alternative Reference Scenario for Global CO₂ Emissions from Fuel Consumption: An ARFIMA Approach," *Economics Letters* 135, 108-111.
- Boden, T.A., Marland, G. & Andres, R. J. (2017). "Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions," *Carbon Dioxide Information Analysis Center*, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., USA. DOI: 10.3334/CDIAC/00001_V2017.
- Delgado, M. & Robinson, P. (1994). "New Methods for the Analysis of Long-Memory Time-series: Application to Spanish Inflation," *Journal of Forecasting*, 13, 94-107.
- Diebold, F. & Rudebusch, G. (1991). "On the Power of Dickey-Fuller Tests Against Fractional Alternatives," *Economics Letters* 35, 155-160.
- Diebold, F. & Rudebusch, G. (1989). "Long Memory and Persistence in Aggregate Output," *Journal of Monetary Economics*, 24, pp. 189-209.
- Gil-Alana, L., Cunado, J. & Gupta, R. (2015). "Persistence, Mean-Reversion, and Non-linearities in CO₂ Emissions: The Cases of China, India, UK and US," University of Pretoria Department of Economics Working Paper Series 2015-28.
- IPCC (2018). "Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty," Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.).
- IPCC (2014), "Climate Change 2014: Synthesis Report," Contribution of Working Groups I, II and III to the *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Le Quére, C, R Moriarty, RM Andrew, JG Canadell, S Sitch, JI Korsbakken, P Friedlingstein, GP Peters, RJ Andres, TA Boden, RA Houghton, JI House, RF Keeling, P Tans, A Arneeth, DCE Bakker, L Barbero, L Bopp, J Chang, F Chevallier, LP Chini, P Ciais, M Fader, RA Feely, T Gkritzalis, I Harris, J Hauck, T Ilyina, AK Jain, E Kato, V Kitidis, K Klein Goldewijk, C Koven, P Landschützer, SK Lauvset, N Lefèvre, A Lenton, ID Lima, N Metzl, F

- Millero, DR Munro, A Murata, JEMS Nabel, S Nakaoka, Y Nojiri, K O'Brien, A Olsen, T Ono, FF Pérez, B Pfeil, D Pierrot, B Poulter, G Rehder, C Rödenbeck, S Saito, U Schuster, J Schwinger, R Séférian, T Steinhoff, BD Stocker, AJ Sutton, T Takahashi, B Tilbrook, IT van der Laan-Luijkx, GR van der Werf, S van Heuven, D Vandemark, N Viovy, A Wiltshire, S Zaehle, and N Zeng (2015). "Global Carbon Budget 2015," *Earth System Science Data* 7, pp. 349-396 [doi:10.5194/essd-7-349-2015]
- Lo, A.W. (1991). "Long term memory in stock market prices," *Econometrica* 59, 1279-1313.
- Markandya, A. (2019). "The Role of Natural Capital in Meeting the SDGs", Presentation to the 24th Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists, Policy Session: Economics and Sustainable Developments Goals, Manchester, June.
- Palma, W. (2007). *Long-Memory Time Series: Theory and Methods*, Wiley Series in Probability and Statistics.
- Sowell, F. (1992a). "Modeling Long-Run Behavior with the Fractional ARIMA model," *Journal of Monetary Economics*, 29, 277-302.

ANEXO 1



Planeta Terra
(Emissões de CO2 Globais)



	2030	2050
IPCC (2018) targets	-45.0%	85.1%
Policy effort based on ARFIMA forecasts		
Inertia Effect	12.4%	11.1%
Total	12.4%	96.2%



As emissões de CO2 em perspectiva: Os seis maiores emitentes



Tempo	China	USA	EU(28)	India	Russia	Japão	Resto do Mundo
Emissões médias d e CO2							
2010	8.500,54	5.701,08	3.951,26	1.700,03	1.657,56	1.211,57	10.722,95
2017	9.838,75	5.,269,53	3.543,68	2.466,77	1.692,79	1.205,06	12.750,56
Proporções médias de emissões de CO2							
2010	25,4	17,0	11,8	5,1	5,0	3,6	32,1
2017	26,8	14,3	9,6	6,7	4,6	3,3	34,7

Nota: CO2 medidas em Milhões de toneladas (Mt)

Os seis maiores poluidores



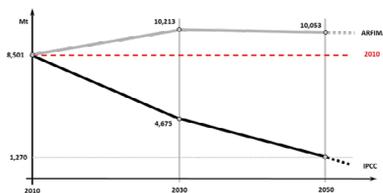
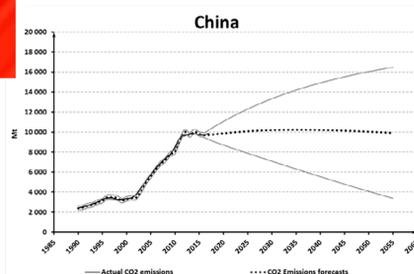
O Esforço Necessário

(Em % dos níveis de 2010)



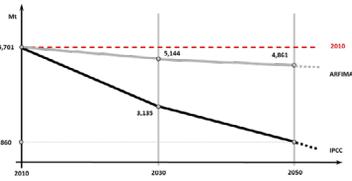
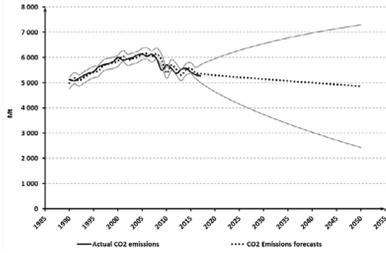
	2030	2050	2030	2050
Metas do IPCC (2018)			-45.0	-85.0
	Efeito Inércia		Esforço Total Líquido	
China	20.2	18.3	-65.2	-105.2
USA	-9.8	-14.7	-35.2	-75.1
EU(28)	-19.5	-27.5	-25.5	-65.8
Índia	70.7	83.4	-115.7	-156.0
Russia Federation	-10.7	-18.8	-34.3	-74.3
Japan	-8.5	-18.0	-36.5	-76.7
Rest of the World	26.4	24.9	-71.4	-111.4

*Um valor positivo significa que a inércia aumenta o esforço de política, enquanto que o contrário ocorre quando o efeito inércia é negativo.

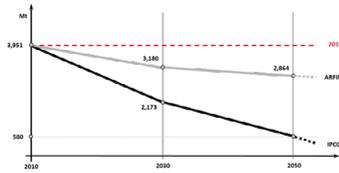
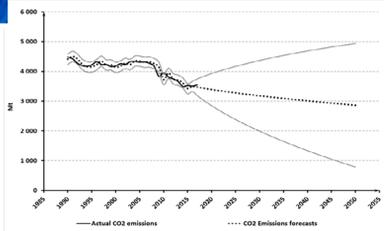


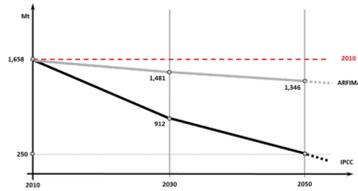
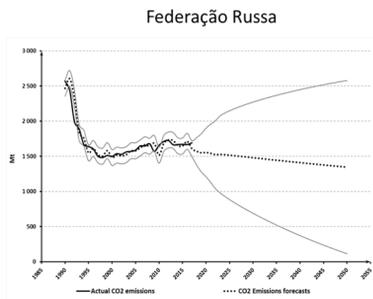
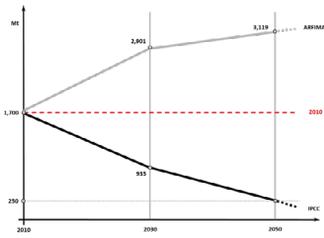
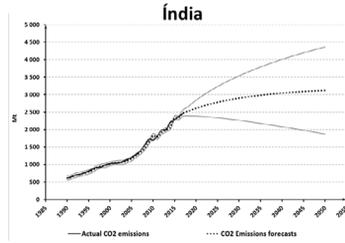


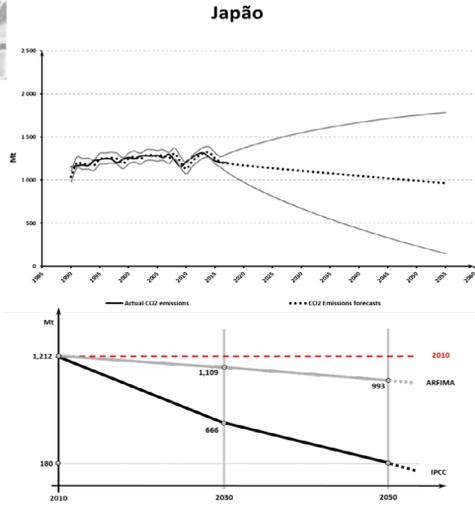
Estados Unidos da América



EU(28)







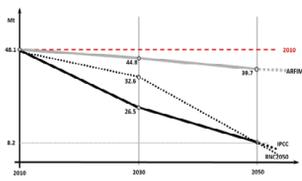
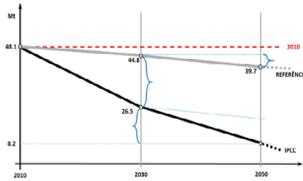
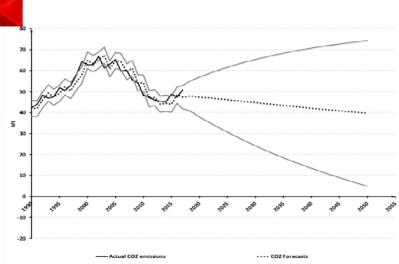
	2030	2050	
		Increment over 2030	Total
Policy targets			
(1) (1) IPCC new targets (2018)	-45.0%	-37.3%	-82.3%
(2) (2) RNC2050	-40.0%	-42.3%	-82.3%
Reference scenarios			
1 (3) ARFIMA model	-6.9%	-10.6%	-17.5%
Additional policy efforts			
5 (4) Under IPCC new targets	-38.0%	-26.9%	-64.9%
6 (5) RNC2050	-33.1%	-31.8%	-64.9%

Estimativa do esforço de política

PORTUGAL



PORTUGAL
OBJECTIVOS E METAS DO IPCC VERSUS CENÁRIO DE REFERÊNCIA



ANEXO 2

Impacto económico, social e geopolítico do “fim” dos combustíveis fósseis^a

JOSÉ MANUEL BELBUTE

Ideia geral: A fileira dos combustíveis fósseis sofrerá a maior parte do impacto resultante do sucesso dos esforços de descarbonização da Economia. Todas as atividades e, conseqüentemente, postos de trabalho, direta e/ou indiretamente ligados à fileira dos combustíveis fósseis, serão indelevelmente afetados.

Importa também ter a consciência de que o petróleo não deixará de ser utilizado e/ou necessário, mesmo que se consiga a neutralidade carbónica. Na verdade, enquanto combustível (assim como o carvão o gás) o crude deixará de fazer parte do *mix* energético, mas não deixará de ser utilizado em (quase) tudo o resto onde está presente.

O petróleo é um recurso extremamente versátil que constitui a base para inúmeros produtos de uso diário, além da gasolina e do óleo para aquecimento, nomeadamente na **petroquímica** (a refinação dá origem a vários produtos químicos que servem de base para produção de uma enorme variedade de materiais como plásticos, fibras sintéticas como o náilon e o poliéster, fertilizantes e até produtos farmacêuticos), nos **lubrificantes** (o óleo de motor é apenas um exemplo, mas muitos processos industriais dependem de lubrificantes derivados do petróleo para manter as máquinas a funcionar, no **asfalto** (para as estradas), nos **materiais de construção** (para telhados e

^a Texto redigido em Setúbal, 2 de abril, na sequência de uma conversa com Rui Vilela Mendes no final da sessão de 15 de março que os organizadores anexaram ao relatório, agradecendo a diligência do autor.

selantes, entre outros) e nos **bens de consumo** (há um número surpreendente de bens de consumo de uso diário, desde roupas a equipamentos desportivos).

O fim dos combustíveis fósseis, como fonte de energia dominante, causará grandes e complexas mudanças económicas, sociais e geopolíticas. Não obstante, será razoável conseguir um processo de gestão da transição de modo a proporcionar a criação de oportunidades e que ao mesmo tempo, minimize os impactos negativos. Por exemplo, creio que seja razoável esperar benefícios a longo prazo para a saúde e bem-estar humanos, o ambiente e a segurança energética. Sou otimista.

1. Impactos Económicos:

- **Impactos no emprego:** muitos empregos diretos (associados ao sector dos combustíveis fósseis) perder-se-ão ou deslocar-se-ão para outros sectores, já existentes ou novos. Estes sectores poderão não conseguir absorver a totalidade dos novos desempregados porque, certamente, as competências destes não são as de que os novos sectores necessitam. Acresce que as dificuldades em regressar ao mercado de trabalho aumentam com a idade dos desempregados. A dimensão do fenómeno dependerá da dinâmica económica dos novos sectores, da maior ou menor viscosidade do mercado de trabalho e, geograficamente, do grau de concentração do sector da extração de combustíveis fósseis, dos transportes e da produção de energia.
- **Novas indústrias e empregos:** Certamente que a transição para fontes de energia renováveis criará novas oportunidades, previsivelmente no fabrico de painéis solares ou turbinas eólicas e na tecnologia de baterias. Este movimento criará emprego e poderá ajudar a mitigar os impactos negativos referidos no tópico anterior. Receio que a dessincronização entre estes dois movimentos não seja favorável. Não antevejo motivos fortes para que os recursos fósseis não possam ser usados em indústrias/utilizações

não energéticas como já hoje acontece — diminuindo o impacto negativo.

• **Flutuações nos preços da energia:** Não consigo antecipar o movimento dos preços da energia uma vez que ele depende de muitos fatores. Mas estou convencido que enfrentaremos pressões enormes para que os preços da energia permaneçam elevados. Sustenho esta conjetura na estratégia que a indústria automóvel está a fazer com os preços dos automóveis elétricos, híbridos ou outros eletrificados. Tipicamente, os preços do automóvel “elétrico” são mais elevados do que os seus equivalentes a combustão, quando os custos de produção à saída da fábrica desceram acentuadamente. No entanto, creio que é razoável esperar algumas flutuações nos preços da energia à medida que novas infraestruturas forem construídas e as fontes renováveis ampliadas. A longo prazo, será razoável que as energias renováveis sejam mais estáveis e previsíveis em termos de custos.

• **Preocupações com a equidade social:** A transição precisa de ser gerida de forma justa para garantir que os encargos e benefícios económicos são partilhados de forma equitativa. Apenas refiro dois tópicos cruciais decorrentes do que já apontei anteriormente:

a) É previsível a necessidade de programas de reconversão profissional e de redes de segurança social para ajudar as comunidades afetadas pela perda de empregos no sector dos combustíveis fósseis.

b) O afastamento dos combustíveis fósseis não é feito à mesma velocidade por todos os países. Os mais expostos aos riscos negativos das alterações climáticas são também aqueles que se encontram presos na “armadilha da pobreza.” Consequentemente, precisam de tempo e de ajuda da comunidade internacional. Em última instância, podem ainda ter de usar combustíveis fósseis, até conseguir libertar-se da armadilha da pobreza.

• **Preço do carbono:** Considero que a melhor estratégia para pro-

mover a descarbonização da economia consiste na criação de um sistema de *cap and trade* de licenças de emissões de CO₂ (que na verdade funciona como um imposto sobre o carbono). Este sistema poderá tornar as energias renováveis mais competitivas, o que poderia ter um impacto significativo em vários sectores.

2. Impactos Sociais:

- **Mitigação das alterações climáticas:** O principal benefício social será a mitigação das alterações climáticas, nomeadamente por evitar ou mitigar os eventos climáticos extremos, a subida do nível do mar e outras perturbações que ameaçam as sociedades em todo o mundo.
- **Melhoria da saúde:** A redução da poluição do ar e da água levaria a benefícios significativos para a saúde das populações em todo o mundo. Isso poderia aliviar a pressão nos sistemas de saúde e certamente melhorar a qualidade de vida.
- **Segurança energética:** A transição dos combustíveis fósseis, especialmente para países dependentes de importações, poderia levar a uma maior segurança e independência energética. Por outro lado, é expectável que a mudança para uma nova infraestrutura energética tenha elevados custos de transição.

3. Impactos geopolíticos:

- **Alteração na dinâmica dos poderes:** Os países fortemente dependentes das exportações de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás) verão a sua influência económica e política diminuir, o que poderá levar à instabilidade em algumas regiões que dependem das receitas geradas pela exploração destes recursos. Para além disso, será razoável que as nações com abundância de recursos para energias renováveis (solar, eólica, geotérmica), ou aquelas que estão na vanguarda da tecnologia de energia limpa, possam ganhar proeminência.
- **Cooperação internacional:** É razoável que a transição para

energias renováveis dependa, ainda, de minerais como o lítio, o que poderá levar ao estabelecimento de novas oportunidades de acordos internacionais para garantir práticas de mineração responsáveis e no respeito dos requisitos da sustentabilidade. O sucesso da descarbonização da economia nos prazos estabelecidos (2050) dependerá da capacidade das nações trabalharem em conjunto, e essa circunstância poderá promover uma maior cooperação global.

- **Potencial para conflito:** O acesso aos minerais necessários para as tecnologias de energias renováveis poderá tornar-se uma nova fonte de tensão entre as nações e potencialmente geradora de pressões de competição pelos recursos: a transição não será uniforme e em particular alguns países terão dificuldades para adquirir e/ou aceder à utilização eficiente das novas tecnologias, aumentando potencialmente o fosso entre as nações desenvolvidas e em desenvolvimento. A competição por novos recursos, como o lítio para baterias, pode alimentar muitas tensões geopolíticas. Certamente que os benefícios serão desiguais.
- No geral, o fim dos combustíveis fósseis irá provavelmente inaugurar um mundo mais multipolar, com a energia a ser distribuída de forma mais uniforme.
- As regiões fortemente dependentes da produção de combustíveis fósseis poderão enfrentar dificuldades económicas e agitação social. As cadeias de abastecimento de energia irão, provavelmente, mudar com o surgimento de novas rotas comerciais para minerais essenciais e tecnologias de energias renováveis. A segurança energética tem sido tradicionalmente uma grande preocupação para os militares. A mudança para energias renováveis poderá levar a uma reavaliação das respetivas estratégias.

Descarbonização da Economia Portuguesa: Desafios e Oportunidades

ALFREDO MARVÃO PEREIRA E RUI MARVÃO PEREIRA*

O CONTEXTO INSTITUCIONAL

O pacote legislativo europeu “Energia Limpa para Todos os Europeus” inclui, entre outros, a obrigatoriedade de cada Estado Membro elaborar Planos Nacionais Integrados de Energia e Clima (PAN), definindo os objetivos, metas e contribuições de cada Estado Membro para cada um dos cinco dimensões da União da Energia até 2030, bem como uma descrição das políticas e medidas previstas para a sua implementação.

Um relatório recente do IPCC estabelece metas de CO₂ muito claras para 2030. O relatório do IPCC (2018) indicou que limitar o aquecimento global a 1,5 °C exigiria transições rápidas e de longo alcance em terra, energia, indústria, edifícios, transporte e cidades. As emissões globais de CO₂ precisariam cair cerca de 45% em relação aos níveis de 2010 até 2030, atingindo o “zero líquido” por volta de 2050, e a neutralidade dos gases de efeito estufa remanescentes precisaria ser alcançada logo depois disso.

A política interna para lidar com as mudanças climáticas está centrada em três prioridades: primeiro, uma redução nas emissões de gases de efeito estufa entre 45% e 55% até 2030, em relação aos níveis de 2005; segundo, a utilização de energias renováveis para satisfazer 47% do consumo final bruto de energia; terceiro, um aumento da eficiência energética para reduzir o consumo de energia primária em 35%. Os seus objetivos visam mover o país em direção à sua meta de 2050 de neutralidade de carbono.

* Departamento de Economia, William and Mary, Williamsburg, Virginia, EUA.

2. O SISTEMA TRIBUTÁRIO PORTUGUÊS

O sistema fiscal em Portugal oferece um conjunto alargado de incentivos que influenciam as escolhas dos consumidores e produtores no sistema energético. O atual sistema tributário é desenhado com base, em parte, no conteúdo energético dos combustíveis e na necessidade de captação de recursos para o orçamento público.

Em 2015, um imposto de carbono indexado ao preço do carbono no EU-ETS foi introduzido como um complemento ao ISP. Como tal, este imposto sobre o carbono tem várias deficiências sérias que o tornam uma ferramenta bastante ineficaz e que precisa desesperadamente de uma reforma.

Em poucas palavras, o imposto de carbono existente é muito baixo, está longe de ser universal, pois herdou todas as isenções que sustentam a tributação mais ampla da energia em Portugal. O imposto não incorpora quaisquer mecanismos de reciclagem que o tornariam bastante prejudicial para a economia e levantariam preocupações de justiça social de grande dimensão.

Surge, portanto, como grande necessidade abordar a inadequação dos atuais sistemas de tributação da energia em precificar a energia de forma ambientalmente sustentável devido ao foco no conteúdo energético dos combustíveis fósseis em vez das emissões. Ainda mais prejudicial para esses esforços é a existência generalizada de subsídios ambientalmente perversos aos combustíveis fósseis que, na verdade, tornam os combustíveis fósseis ainda mais baratos do que os mecanismos de mercado ditariam. Ao mesmo tempo têm de ser considerados os mecanismos necessários para acertar os preços da energia de acordo com os padrões ambientais, em particular a tributação do carbono.

3. OBJETIVOS DESTA PESQUISA

Esta investigação utiliza o DGEP, o modelo de equilíbrio geral dinâmico da economia portuguesa, para avaliar os efeitos macroeconómicos,

orçamentais, distributivos, e ambientais de uma reforma fiscal energético-ambiental abrangente com enfoque ambiental.

O foco é acertar os preços da energia em prol da descarbonização. Especificamente, o desenho de uma Reforma do Imposto sobre o Carbono que institua um imposto sobre o carbono que seja universal, uniforme, no nível adequado, com a devida reciclagem das receitas fiscais.

Os três objetivos centrais desta pesquisa são: primeiro, determinar o nível de tributação do carbono necessário para atingir os papéis domésticos de descarbonização; segundo, identificar os custos macroeconómicos e distributivos de atingir as metas de descarbonização; terceiro, projetar estratégias para reciclar as receitas da tributação do carbono de forma a reverter os efeitos adversos macroeconómicos e distributivos do cumprimento das metas de descarbonização.

4. MODELO E IMPLEMENTAÇÕES DE MODELO

Vários novos aspetos do modelo DGEP foram desenvolvidos para abordar diretamente as questões deste projeto.

Esses incluem: primeiro, uma modelização desagregada da dimensão setorial do modelo, segundo, uma especificação detalhada do atual universo de tributação e subsídios energéticos e ambientais; terceiro, a inclusão de uma ampla gama de poluentes além do CO₂; quarto, uma especificação detalhada da modelagem de eficiência energética; quinto, uma atualização completa do conjunto de dados e calibração do modelo para alinhá-lo com as informações estatísticas mais disponíveis atualmente.

O modelo é implementado numericamente usando dados detalhados e conjuntos de parâmetros. Os dados refletem as informações mais recentes disponíveis sobre os *stocks* da dívida pública e externa, taxas efetivas de impostos sobre energia e carbono e capacidade instalada de geração de eletricidade. A decomposição das variáveis agregadas segue a média do período 2005–2018. Este período foi escolhido para refletir a informação disponível mais recente e para cobrir vários ciclos de negócios, refletindo assim a natureza de longo prazo do modelo.

A análise de política baseia-se na comparação entre um cenário de referência que incorpora projeções básicas em termos de preços internacionais de combustíveis fósseis e precificação de carbono e uma série de cenários contra-factuais que refletem os cenários alternativos de política. A análise de sensibilidade em relação às suposições do cenário de referência será realizada conforme apropriado.

Serão apresentadas informações detalhadas sobre os mercados de energia e eletricidade e impactos ambientais, sobre o desempenho macroeconómico e orçamental, para os diferentes setores de atividade económica e para os diferentes grupos de famílias.

5. O DESIGN DAS EXPERIÊNCIAS DE POLÍTICA ECONÓMICA

A análise de política económica enquadra-se na procura de alternativas que satisfaçam simultaneamente as seguintes condições: primeiro, são consistentes com a sustentabilidade energética e ambiental; segundo, não produzem efeitos macroeconómicos adversos; terceiro, são consistentes com os objetivos de competitividade internacional; quarto, são consistentes com princípios básicos de justiça social; quinto, evitam um impacto orçamental negativo para o setor público.

A análise de política económica propriamente dita engloba duas fases.

Fase 1 - Alcançar as metas de descarbonização...

As questões-chave que se procura dar resposta nesta fase são:

Questão 1. Qual é o nível de imposto de carbono necessário para atingir as metas de descarbonização de 2030?

Questão 2. Quais são os efeitos económicos e distributivos do imposto de carbono necessários para atingir as metas de 2030?

Fase 2 - ... e promover o crescimento económico e a justiça social

As perguntas-chave a que se procuram dar resposta nesta fase são:

Questão 3. Como poderia a reciclagem das receitas do imposto sobre o carbono para reduzir outras margens tributárias afetar os efeitos económicos e distributivos de um imposto sobre o carbono?

Questão 4. É possível mitigar ou reverter os efeitos económicos e distributivos adversos do imposto sobre o carbono considerando eficiência energética?

6. DISCUSSÃO DETALHADA DOS RESULTADOS

Questão 1. Qual é o nível de imposto de carbono necessário para atingir as metas de descarbonização em 2030?

Considerando um nível crescente de tributação refletindo os crescentes custos marginais de redução de emissões, para atingir as metas de redução de emissões para 2030, usando o sistema tributário atual, seria preciso um imposto de 90 euros por tonelada de CO₂ até 2030.

Questão 2. Quais são os efeitos económicos e distributivos do imposto de carbono necessário para atingir as metas de 2030?

Esse nível de tributação do carbono tem efeitos macroeconómicos e distributivos prejudiciais. Considerando os resultados em detalhe.

Efeitos nos Mercados de Energia – Os preços da energia aumentam 6,587% diretamente devido à tributação do carbono e indiretamente devido aos efeitos de equilíbrio geral. As variações de preços individuais refletem o conteúdo de carbono de diferentes produtos energéticos. Os maiores aumentos de preço ocorrem no gás natural, seguido do propano, GLP e diesel. A procura de energia diminui em 5.449%.

Efeitos no Mercado de Eletricidade – Os efeitos sobre os preços da eletricidade são moderados devido ao uso extensivo de fontes renováveis de energia na geração. O preço da geração de eletricidade aumenta 3.686%, o que leva a uma redução de 2.834% na produção. A produção de

eletricidade a partir de fontes de energia renováveis aumenta 0,353%, enquanto as importações aumentam 7,653%. No geral, a participação da eletricidade na demanda de energia final aumenta em 2.834%.

Desempenho Macroeconómico – O PIB cai 2.460%. O Investimento privado diminui 2.625%. O emprego diminui 1.469%. O IPC aumenta 1,031%: o consumo privado diminui 0,262%. A Dívida externa aumenta 0,963%: a dívida pública diminui 2.480% devido à adição de receitas fiscais de CO2 e apesar de uma redução da base tributável.

Efeitos nos diferentes sectores de atividade – As indústrias mais afetadas incluem produção de eletricidade, refinação de petróleo, bem como mineração, têxteis, madeira, produtos químicos, borracha, metais básicos, equipamentos, construção, comércio e transporte.

Efeitos distributivos – O bem-estar familiar adverso é uma perda de 0,339%. Um padrão de regressividade pode ser observado, já que o grupo de rendimento mais baixo tem uma perda de bem-estar de mais de 0,571% e o grupo de rendimento mais alto é de 0,187%. O fator de regressividade é 3,053.

Questão 3. Como poderia a reciclagem das receitas do imposto sobre o carbono para reduzir outras margens tributárias afetar os efeitos económicos e distributivos do um imposto sobre o carbono?

A reciclagem por meio de reduções no IRS sobre o rendimento do trabalho com viés para grupos de rendimento mais baixo ajuda a mitigar, ou mesmo reverter, os efeitos distributivos adversos do imposto sobre o carbono. Uma redução uniforme e generalizada das taxas de imposto IRS não é suficiente para atingir esse objetivo.

A reciclagem por meio de um crédito fiscal de investimento corporativo ajuda a mitigar, ou mesmo reverter, os efeitos adversos da eficiência económica. A mera redução das taxas de IRC não é adequada, uma vez que privilegia os lucros do capital instalado em detrimento da rentabilidade dos novos investimentos.

A mistura das duas estratégias anteriores ajuda muito a mitigar os efeitos adversos macroeconómicos e distributivos.

Questão 4. É possível mitigar ou reverter os efeitos económicos e distributivos adversos do imposto sobre o carbono considerando eficiência energética?

Para reverter os efeitos macroeconómicos adversos é fundamental que as reduções de impostos estejam vinculadas à implantação de mecanismos de eficiência energética.

Considerando os resultados em detalhes...

Efeitos nos Mercados de Energia – Os preços da energia aumentam 6,243% diretamente devido à tributação do carbono e indiretamente devido aos efeitos de equilíbrio geral. As variações de preços individuais refletem o conteúdo de carbono de diferentes produtos energéticos. Os maiores aumentos de preço ocorrem no gás natural, seguido do propano, GLP e diesel. A procura de energia diminui em 3.757%.

Efeitos no Mercado de Eletricidade – Os efeitos sobre os preços da eletricidade são moderados devido ao uso extensivo de fontes renováveis de energia na geração. O preço da geração de eletricidade aumenta 3.053%, o que leva a uma redução de 1.134% na produção. A produção de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis aumenta 1.748%, enquanto que as importações aumentam 7.663%. No geral, a participação da eletricidade na demanda de energia final aumenta em 2.801%.

Desempenho Macroeconómico – O PIB cai 0,129%. O Investimento privado aumenta 5.896%. O emprego aumenta 0,647%. O IPC aumenta 1.143%. O consumo privado aumenta 0,572%. A dívida externa aumenta 0,690%. A dívida pública diminui 2,377% devido ao aumento da base de cálculo.

Efeitos nos diferentes sectores de atividade – As indústrias mais afetadas incluem produção de eletricidade, refinação de petróleo, bem como mineração, madeira, produtos químicos, borracha, equipamentos, comércio e transporte; têxteis, metais básicos e construção não são afetados negativamente.

Efeitos distributivos – O bem-estar da família aumenta em 0,520%. Um padrão de progressividade pode ser observado, já que o grupo de renda

mais baixa vê um ganho de bem-estar de mais de 2.181% e o grupo de renda mais alta com uma perda mínima.

7. MAIS UM PASSO: REFORMAR O ISP

Os efeitos das estratégias anteriores são favoráveis, mas ainda não permitem completa neutralidade em termos de crescimento do PIB. Consideramos agora a possibilidade de as receitas do imposto sobre o carbono substituírem o ISP. Será esta uma estratégia melhor do que reduzir outras margens fiscais?

Só para substituir o sistema ISP seria necessária uma taxa de carbono de 120 por tonelada de CO₂. A simples substituição do ISP por um imposto de carbono produz grandes benefícios ambientais, pequenas perdas macroeconómicas e efeitos positivos no bem-estar. Esta é uma estratégia de reforma dominante.

Para atingir os objetivos ambientais em substituição do sistema ISP seria necessária uma taxa de carbono de 155 euros por tonelada de CO₂ [120 só para substituir o ISP]. Isso deve ser comparado a um imposto de 90 euros no atual sistema tributário de energia.

Para atingir os objetivos ambientais é dominante uma estratégia que inclui a substituição do ISP. Isso leva a resultados comparativamente melhores do que manter o atual sistema de tributação de energia em vigor.

Considerando os resultados em detalhe.

Efeitos nos Mercados de Energia – Os preços da energia aumentam 1,474% diretamente devido à tributação do carbono e indiretamente devido aos efeitos de equilíbrio geral. As variações de preços individuais refletem o conteúdo de carbono de diferentes produtos energéticos. Os maiores aumentos de preço ocorrem no gás natural, seguido do propano, GLP e diesel. A procura de energia diminui 2,475%.

Efeitos no Mercado de Eletricidade – Os efeitos sobre os preços da eletricidade são moderados devido ao uso extensivo de fontes renováveis de energia na geração. O preço da geração de eletricidade aumenta em 3.000%, o que leva a uma redução de 2.046% na produção. Produção de

eletricidade a partir de fontes de energia renováveis aumenta 3,643% enquanto que as importações aumentam 6,676%. No geral, a participação da eletricidade na demanda final de energia aumenta 0,598%.

Desempenho Macroeconómico – O PIB cresce 0,105%. O investimento privado diminui 3,183%. O emprego aumenta 0,373%. O IPC sobe 0,312%. O consumo privado diminui 0,204%. A dívida externa cai 0,561%. A dívida pública diminui 0,312% devido à adição de receitas fiscais de CO₂ e apesar de uma redução da base tributável.

Efeitos nos diferentes sectores de atividade – As indústrias mais adversamente afetadas incluem produção de eletricidade, mas não a refinação de petróleo, bem como têxteis, madeira, produtos químicos, borracha, mas não mineração, metais básicos, equipamentos, construção, comércio e transporte.

Efeitos distributivos – O bem-estar familiar adverso é uma perda de 0,217%. Um padrão de progressividade pode ser observado, já que o grupo de renda mais baixa vê um ganho de bem-estar de mais de 0,817% e o grupo de renda mais alta com uma perda mínima de 0,020%.

8. RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICA ECONÓMICA E DE POLÍTICA NO GERAL

Ao considerar as metas de emissões além de 2030, deve-se esperar um aumento acentuado no nível de tributação do carbono necessário para atingir tais metas com os correspondentes efeitos adversos adicionais e uma importância renovada da reciclagem adequada das receitas e a adoção adequada de políticas de eficiência energética.

Recomendações de política económica derivadas destes resultados

1. Substituir o ISP atual por um imposto universal equivalente sobre emissões de carbono.
2. Aumentar a taxa de carbono para os níveis necessários.
3. Reciclar todas as receitas do imposto de carbono, além de substituir o ISP de forma a que alivie outras margens fiscais — imposto de renda

pessoal sobre a renda do trabalho e através de créditos de investimento de imposto de renda corporativo — e promova a eficiência energética.

Corolários em termos políticos derivados destes resultados

4. A Reforma Fiscal Ambiental é uma grande oportunidade para o desenvolvimento de uma estratégia conducente ao crescimento económico sustentável e à melhoria das questões de justiça social.

5. A Reforma Fiscal Ambiental requer amplo consenso político. Isso se deve à necessidade de equilibrar múltiplos interesses, desde o crescimento económico e a competitividade internacional até os objetivos de justiça social. O centro político tem um papel crítico a desempenhar na facilitação do consenso.

6. A Reforma Fiscal Ambiental exige uma reestruturação da estrutura do Governo. Diferentes Ministérios terão inevitavelmente de estar envolvidos no processo. Além do Meio Ambiente, incluindo Finanças, Economia, Trabalho, etc.

7. Políticas de descarbonização significarão preços de energia mais altos. Não há futuro com energia barata.

8. Questões de competitividade e justiça social devem ser abordadas fora dos mecanismos de preços.

BIBLIOGRAFIA

- Pereira, A. & Pereira, R. (2014a). Environmental fiscal reform and fiscal consolidation: The quest for the third dividend in Portugal. *Public Finance Review*, 42(2), 222-253.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2014b). On the environmental, economic and budgetary impacts of fossil fuel prices: A dynamic general equilibrium analysis of the Portuguese case. *Energy Economics*, 42(C), 248-261.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2014c). DGEP – A dynamic general equilibrium model of the Portuguese economy: Model documentation. The College of William and Mary, Working Paper 127.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2017a). The economic and budgetary impact of climate policy in Portugal: Carbon taxation in a dynamic general equilibrium model

- with endogenous public sector behavior. *Environmental and Resource Economics*, 67, 231-259.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2017b). On the relative roles of fossil fuel prices, energy efficiency, and carbon taxation in reducing carbon dioxide emissions. *Journal of Environmental Planning and Management*, 60(10), 1825-1852.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2017c). The Role of Electricity for the Decarbonization of the Portuguese Economy – DGEF Technical Report. Retrieved from <https://www.mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/84782>.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2018). A lower vat rate on electricity in Portugal: Towards a cleaner environment, better economic performance, and less inequality. *Energy Policy*, 117, 1-12.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2019a). Achieving the Triple Dividend in Portugal: A Dynamic General-Equilibrium Evaluation of a Carbon Tax Indexed to Emissions Trading," *Journal of Economic Policy Reform*, 22:2 pp. 148-163.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2019b). "Financing a Renewable Energy Feed-in Tariff with a Tax on Carbon Dioxide Emissions: A Dynamic Multi-Sector General Equilibrium Analysis for Portugal" *Green Finance*, 1(3) pp. 279-296.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2021a). On the Macroeconomic and Distributional Effects of the Regulated Closure of Coal-Operated Power Plants" *Journal of Economic Development* 46(4), pp. 1-30.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2021b). "On the Spillover Effects of CO2 Taxation on the Emissions of other Air Pollutants" *Journal of Economics and Public Finance*, Vol 7 (3), pp. 81-98.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2022a). Regulated Early Closures of Coal-Fired Power Plants and Tougher Energy Taxation on Electricity Production: Synergy or Rivalry?" *Economic Globalization and Governance: Essays in Honor of Jorge Braga de Macedo, L. B. Pereira, M. E. Mata, and M. R. de Sousa (Eds.)*, Springer-Verlag, pp. 241-260.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2022b). "Picking Our Environmental Battles: Removal of Harmful Subsidies or Carbon Taxation?" *Journal of Economics and Public Finance*, Vol 7 (2), pp. 1-11.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2022c). "Financing Future Feed-in Tariffs from Currently Installed RES-E Generating Capacity" *Archives of Business Research* Vol 9(2), pp. 193-209.
- Pereira, A. & Pereira, R. (2023). Energy Taxation Reform with an Environmental Focus" *Energies* 16(3).

Pereira, A., Pereira, R., & Rodrigues, P. (2016). A new carbon tax in Portugal: A missed opportunity to achieve the triple dividend? *Energy Policy*, 93, 110-118.

Ambiente e Mercado Voluntário Carbono: dilemas jurídico-económicos na transição energética

MIGUEL ROCHA DE SOUSA* E ANTÓNIO GOUCHA SOARES**

1. INTRODUÇÃO: DO QUADRO NORMATIVO AO POSITIVO

1.1 Do Direito e da Economia

Os **resultados** do nosso estudo focar-se-ão: **primeiro**, no direito, instituições e economia do ponto de vista da exequibilidade político-económica no campo específico da energia em Portugal; **segundo**, num mercado de carbono novo, que é analisado do ponto de vista do quadro legal e da teoria económica; e, finalmente, **terceiro**, no modelo dinâmico de equilíbrio geral da economia portuguesa (DGEP) que nos dá o *trade-off* entre a política fiscal e a transição energética com valores concretos para o nível de imposto a aplicar na transição; e, **quarto**, com dados de 2017, a persistência das emissões na economia portuguesa e mundial e seu impacte económico. A conclusão cruza toda esta análise, aferindo da sua exequibilidade económica, social e política.

Assim, temos dois resultados **normativos** do ponto de vista do direito e das instituições, da criação das normas e de novos mercados, e dois **positivos** com a quantificação dos impactes da transição energética para a economia portuguesa. Para estes, avaliamos o desvio de trajetória e os gases de

* Universidade de Évora, Escola de Ciências Sociais, Departamento de Economia, Professor Auxiliar; CICIP, Centro de Investigação em Ciência Política e CEFAGE, Centro de Estudos de Formação Avançada em Economia e Gestão; IPSA, Chair of Research Committee (RC) 35 Technology and Development, Toronto, Canada; SASE – Society for Advancement of Socio Economics, Paris, France.

** Professor Catedrático de Direito Europeu da Cátedra “Jean Monnet”, ISEG, Lisboa.

efeito de estufa obtendo taxas a cobrar de 90€/ton CO₂eq ou 120€/ton CO₂eq. Os *trade-offs* subjacentes a nível nacional e europeia contextualizam o plano institucional prévio necessário a essas mudanças estruturais: aferimos a validade dos modelos, enquanto guião para a nossa transição energética, contingente à vontade social, política, económica bem como às suas restrições físicas naturais. O primado das prerrogativas nacionais e comunitárias a nível do direito fiscal, permite calibrar a aplicação de políticas públicas consistentes, sólidas e de verdadeira transição para uma economia descarbonizada, resiliente e competitiva. Para tal, a economia portuguesa deve não só descarbonizar-se, mas também, assegurar uma reconversão empresarial e do Estado, sem afastar os centros de decisão nacionais do processo europeu em curso. Por exemplo, não ter aeroporto em Lisboa, mas apenas em Madrid, descarbonizava a sociedade portuguesa, mas também aniquilava economia, turismo e entrega de mercadorias por avião. Ora não há elementos para simular uma transição dinamicamente eficiente, equitativa, justa e com preocupação intergeracional.

O estudo do IPCC (2023) em 21 de março mostra que a inação face às emissões acarreta custos cumulativos para cada geração que nasce hoje, em termos de aquecimento global e que isso impacta no clima global daqui a 70 anos, bem como na qualidade de vida. A iniquidade entre a geração de 70 anos hoje e em 2093 é gravosa para esta se as economias dos países se tornarem insustentáveis.

Esta visão chegou a ser catastrofista, por exemplo, James Kunstler, no seu livro, o já clássico *O Fim do Petróleo*, defende, uma visão quase *luddita*, em que a sociedade terá de recorrer a um retrocesso tecnológico para o planeta reequilibrar. As cidades ficarão com o centro tecnológico abandonado após o retrocesso, e vida nos círculos à volta, num idílico retorno ao campo a lembrar as visões setecentistas do “bom selvagem”.

Esta visão da economia do ambiente tenta alinhar incentivos privados e sociais, de tal modo que seja cobrada uma taxa social de poluição por unidade de custo marginal de poluição, alinhando o social com o privado

(Coase, 1960; Pigou, 1924).

Além disso, será necessário recorrer ao **duplo dividendo**, como Alfredo Marvão Pereira na Lei da Reforma Fiscal Verde (2014) bem exigiu, ou seja, que o retorno fiscal do imposto ambiental (verde), **receita fiscal seja empregue em atividades não poluentes**. Senão, desalinha-se todo o processo económico-social.

1.2. Da necessidade da ética e da necessidade de medida

Amartya Sen em *On Ethics and Economics* (1999), defende que sem Ética, não há economia. A Ética tem a ver com o sentido último da vida e a própria existência, a Moral com o conjunto de valores, pelo que a nossa visão se compagina com uma ética inclusiva, em que se alinham os incentivos privados e sociais, logo capitalista atenta à proximidade, legitimidade e responsabilização pelas ações. Assim, não dispensamos o PIB de Kuznets nem análises do próprio Sen com Muhamad Ul Haq sobre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), em que as três componentes de uma sociedade, riqueza, saúde e educação em percentagem, apenas refletem que se uma sociedade for mais rica, tiver mais saúde e educação será certamente mais desenvolvida. Daí, as medidas de capital também passarem a incluir algo como o stock de capital natural associado ao território de um país, que se deprecia e regenera em parte.

A transição climática foi estudada por Stern (2006), que atribuía um fator de desconto intertemporal muito baixo à mesma e Nordhaus (2019, cujo modelo DICE-4 de circulação atmosférica global lhe valeu o Nobel da Economia). Nessa linha está estruturado este texto: na secção 2, o direito comunitário e o direito da energia em Portugal, na secção 3 a criação de um novo mercado, o mercado voluntário de carbono. Avaliamos a reforma de transição carbónica na secção 4 e os cenários de emissão na 5, concluindo na 6 com limites e possíveis extensões da análise. Dado o enquadramento comunitário, lembre-se a CECA como autoridade sobre o carvão e o aço, fontes de energia e de poder, dos seis fundadores que

conseguiu evitar os conflitos na Europa ocidental que se tinham seguido à 1.^a guerra mundial. No contexto da nova “guerra europeia” que se seguiu à pandemia, importa não ter uma visão eurocêntrica mas global, na linha do chamado grupo dos 20, presidido pelos BRICS nestes anos, sendo a UE membro, além de Alemanha, França e Itália.

2. ENQUADRAMENTO JURÍDICO DAS POLÍTICAS EUROPEIAS DE ENERGIA E DE AMBIENTE

O enquadramento jurídico das competências da UE em matéria de energia e do ambiente, e dos seus compromissos no combate às alterações climáticas, bem como das questões conexas relativas à fiscalidade nacional fornece reflexões sobre a moldura jurídica europeia e a correspondente margem de intervenção dos Estados membros. O texto começa, pois, por aludir ao sistema de delimitação de competências entre a UE e os EM para depois enquadrar os atos jurídicos através dos quais a União concretiza a sua intervenção nas políticas públicas em causa. Faz-se de seguida referência a duas propostas legislativas em fase de deliberação no quadro do Pacto Ecológico Europeu — as diretivas sobre a tributação da energia e sobre a reforma do comércio de licenças de emissão.

2.1. As competências da União Europeia

De acordo com o sistema previsto nos Tratados, a UE atua apenas nas áreas em que os EM lhe tenham conferido competências para o efeito. O que significa que a UE dispõe das chamadas competências de atribuição. Essa atribuição resultaria das disposições dos próprios Tratados.

Em matéria de energia, os Tratados estabelecem a competência de intervenção da UE, visando o funcionamento do mercado interno de energia, a segurança dos aprovisionamentos, a eficiência energética, o desenvolvimento de energias renováveis e a promoção da interconexão das redes de energia.

Por seu turno, no âmbito das atribuições relativas ao ambiente, os Tratados estabelecem, também, a competência da UE para a promoção de medidas destinadas a combater as alterações climáticas.

Os atos legislativos da UE no quadro das políticas do ambiente e da energia são adotados pelo processo legislativo ordinário, que prevê a decisão conjunta dos EM, votando, por maioria, e a aprovação do Parlamento Europeu.

A UE não dispõe da competência para criar impostos, prerrogativa que permanece exclusiva dos seus EM. Todavia, em sede tributação indireta, a UE pode proceder à harmonização das disposições fiscais dos EM. Essa capacidade abrange a aproximação das legislações nacionais sobre o volume de negócios, os impostos especiais sobre o consumo e outras formas de fiscalidade indireta, quando essa harmonização se revelar necessária para assegurar o funcionamento do mercado interno ou para evitar distorções de concorrência entre EM.

Em virtude da especial natureza da intervenção da UE no âmbito da fiscalidade, o processo de decisão destes atos legislativos requer a aprovação pelos EM, por unanimidade. Ou seja, qualquer país poderá vetar a adoção de atos normativos na área da fiscalidade. No processo de decisão, o Parlamento Europeu emite apenas um parecer sobre as medidas objeto de discussão, mas sem natureza vinculativa.

De novo, a UE não dispõe de competência própria conferida pelos Tratados na área da fiscalidade pelo que, a atuação à escala europeia reveste carácter instrumental, sendo realizada para a consecução do mercado único ou para precaver o falseamento das condições de concorrência entre diferentes países. Assim, a UE aprovou medidas de aproximação da fiscalidade dos EM para o conjunto de produtos energéticos, a partir da década de 1990, abrangendo os transportes, aquecimento residencial e a produção de eletricidade. As diretivas europeias sobre a matéria abrangem a estrutura destes impostos específicos sobre o consumo de energia, as taxas aplicáveis aos diferentes produtos e o tratamento específico dos combustíveis utilizados no sector da aviação.

2.2. As diretivas europeias

As diretivas europeias são atos legislativos adotados em dois momentos distintos. Numa primeira fase, a União procede à discussão e aprovação de uma diretiva, nos termos do procedimento decisório fixado nos Tratados (decisão conjunta entre EM e Parlamento Europeu; decisão apenas pelos EM, eventualmente por unanimidade). Trata-se de um processo demorado, desde logo em virtude da apresentação das propostas legislativas ser uma prerrogativa da Comissão, mas também por ser necessário encontrar acordo entre todos os decisores finais.

Uma vez aprovada uma diretiva no plano europeu, este ato jurídico não vigora por si mesmo. Na verdade, as diretivas necessitam ser incorporadas numa segunda fase no ordenamento legal dos EM. Ou seja, todos os países da UE deverão transpor o conteúdo das diretivas para o seu direito interno, para estas poderem ser aplicáveis.

Um aspeto essencial das diretivas enquanto ato jurídico europeu consiste na circunstância de estas vincularem os EM quanto ao resultado a alcançar, deixando às instâncias nacionais responsáveis pela sua transposição para o direito interno a competência quanto à forma e quanto aos meios. Por isso, as diretivas são entendidas como instrumento jurídico que pretende alcançar a aproximação das legislações de todos os EM.

As diretivas criam, assim, uma obrigação de resultado: sobre os EM recai o dever de incorporar os objetivos fixados no conteúdo das diretivas em leis ou decretos-lei nacionais. É por isso que as diretivas preservam uma margem de manobra aos EM quanto à forma e aos meios utilizados na respetiva transposição.

Importa referir a preferência dos EM pelo instrumento diretiva — por contraposição aos regulamentos, os quais vigoram por si próprios em todos os EM, promovendo a uniformização da legislação dos Estados. Além disso, o facto de alguns EM terem feito uma utilização limite da sua obrigação de transposição conforme aos resultados levou a que as diretivas tenham sofrido, ao longo do tempo, uma transformação da respetiva estrutura. Com efeito, as diretivas tendem a apresentar um

conteúdo cada vez mais detalhado, reduzindo a margem de manobra dos EM no processo de transposição.

2.3. Diretiva sobre tributação da energia (DTE)

Em matéria de harmonização dos impostos específicos sobre carburantes, a UE adotou há vinte anos a diretiva 2003/96 sobre tributação da energia. Esta diretiva estabeleceu regras estruturais e taxas mínimas para a tributação dos produtos energéticos utilizados como carburantes e combustíveis de aquecimento e eletricidade. Aquando da sua aprovação, a diretiva não fixou qualquer ligação entre as taxas mínimas de tributação dos combustíveis e o seu teor energético ou o respetivo impacto ambiental. Em resultado, a utilização do carvão como fonte energética pode beneficiar de um tratamento fiscal privilegiado em comparação como o gás natural, com o primeiro a ser tributado com uma taxa mínima de 2.9€/MWH e o segundo de 7€/MWH. Acresce que a diretiva permitiu a isenção de alguns sectores, como o transporte aéreo e o transporte marítimo.

As preocupações suscitadas pelas alterações climáticas, bem como os compromissos internacionais da UE nesta matéria, em particular, os decorrentes da implementação do chamado Acordo de Paris de 2015, levaram a União a adotar um conjunto de iniciativas legislativas chamadas *Green Deal* ou Pacto Ecológico Europeu. A UE decidiu incrementar o compromisso com a descarbonização da economia, fixando uma meta vinculativa de reduzir em 55% a emissão de gases com efeito de estufa até 2030, por comparação com os valores de 1990, através da autodesignada 'lei do clima' (regulamento 2021/1119), com o objetivo de atingir a neutralidade climática em 2050. A UE iniciou assim um processo global de reforma legislativa climática chamado *fit for 55*, no qual se inclui a revisão da diretiva 2003/96, por esta não considerar o impacto ambiental dos combustíveis.

Na proposta apresentada em 2021, no âmbito desse pacote legislativo, a Comissão refere que a nova DTE pretende apoiar os objetivos climáticos da UE a nível da carga fiscal que incide sobre os carburantes, combustíveis de aquecimento e eletricidade. A proposta de diretiva introduz uma

mudança na taxa de tributação, tendo em conta o teor energético e o desempenho ambiental dos combustíveis. Por outro lado, alarga a base tributável ao incluir mais produtos energéticos no seu âmbito de aplicação e ao eliminar algumas isenções.

No tocante à estrutura das taxas de tributação, a proposta introduz uma nova lógica em que as taxas mínimas fixadas são baseadas no teor energético de cada produto e no impacto ambiental dos combustíveis, por contraposição ao sistema vigente que assenta no volume (tributando em x euros por litro). Em resultado, os combustíveis mais poluentes tenderão a ser penalizados, com as taxas mínimas a serem fixadas em função do desempenho ambiental dos diversos produtos.

Nos termos da proposta da Comissão, os combustíveis fósseis convencionais (gasolinas) terão a sua taxa mínima de referência fixada em 10.75€/GJ (gigajoule) para carburantes e em 0.9€/GJ para aquecimento. O gás natural e o GPL, em virtude do seu impacto positivo no esforço de descarbonização da economia, verão a sua carga fiscal ser reduzida para dois terços das taxas de referência fixada para as gasolinas, nos casos da sua utilização enquanto carburantes ou para aquecimento, durante um período transitório de dez anos. Por seu turno, sobre os chamados biocombustíveis sustentáveis incidirá apenas metade da taxa de referência das gasolinas, tanto para carburantes como para aquecimento. O nível inferior de tributação versará sobre a eletricidade, biogás e combustíveis biológicos, com a fixação de uma taxa mínima de 0.15€/GJ, independentemente da utilização.

Em relação ao alargamento da base tributável, a proposta de DTE pretende incluir produtos que se encontravam excluídos no âmbito da diretiva de 2003. Assim, a proposta da Comissão prevê a inclusão do querosene, combustível utilizado para a aviação, bem como do chamado petróleo pesado, usado no sector dos transportes marítimos. A nova diretiva pretende acabar com a isenção fiscal de que beneficiavam estes sectores, os quais tinham um peso significativo no consumo de energia e forte impacto ambiental. O novo diploma europeu prevê um período transitório de dez anos para aplicação gradual da tributação a estes sectores, no termo do qual

o querosene utilizado nos voos intraeuropeus será tributado ao mesmo valor das gasolinas em toda a UE.

Na sua proposta, a Comissão considera que o impacto de quaisquer novos impostos dependerá, em larga medida, da forma como os EM decidam afetar as novas receitas. Por isso, os impostos ambientais deverão promover a justiça social permitindo, por exemplo, que o previsível aumento de receitas provenientes desta reforma dos impostos especiais sobre produtos energéticos possa ser reciclada através de transferências de montante fixo em benefício dos agregados familiares mais desfavorecidos.

A aprovação da proposta de DTE da Comissão é feita por unanimidade dos EM, situação que poderá retardar a respetiva adoção no plano europeu. Com efeito, na sequência da invasão russa da Ucrânia, e do consequente aumento da inflação, alguns países centro-europeus manifestaram oposição em relação a qualquer reforma legislativa que implique a subida do preço dos produtos energéticos.

2.4. Mercado de licenças de emissão (*Emissions Trade Scheme, ETS*)

O ETS foi estabelecido há vinte anos pela diretiva 2003/87. Este sistema fixa um preço para o carbono visando reduzir o limite máximo anual para emissões de um conjunto de sectores de atividade económica, tais como a produção de eletricidade, as indústrias químicas, refinação, siderurgia, cimento, vidro ou papel.

A participação no ETS é obrigatória para as empresas que operem nos sectores incluídos. Todavia, em relação a alguns sectores industriais a participação no comércio de licenças de emissão abrange apenas as empresas que se situem acima de determinado patamar de atividade.

Na revisão desta diretiva, em 2018, foi fixado o objetivo de reduzir em 43% a emissão de gases com efeito de estufa até 2030, por comparação com os valores de 2005, propósito que estaria em sintonia com a redução global de emissões da UE em 40%, por referência aos valores de 1990.

Contudo, na chamada “lei do clima” a UE impôs o objetivo de reduzir em 55% a emissão de gases com efeito de estufa até 2030. Pelo que a

Comissão pretendeu proceder também à revisão do sistema de comércio de emissões no âmbito do Pacto Ecológico europeu, no sentido de o adaptar às novas metas climáticas.

A proposta da Comissão para um ETS2 prevê a eliminação gradual das licenças de emissão gratuitas concedidas ao sector da aviação, bem como a inclusão do sector dos transportes marítimos no sistema. O novo regime prevê também o alargamento do ETS2 às emissões resultantes dos combustíveis fósseis utilizados no transporte rodoviário (provocando um aumento estimado de 12 cêntimos/litro no caso do gasóleo), bem como para aquecimento de edifícios industriais e de serviços.

No entanto, o novo regime mantém a isenção de alguns sectores, tais como a agricultura ou as pescas, em virtude de serem atividades mais sensíveis no plano político e social. Do mesmo modo, não se incluem os transportes ferroviários movidos a diesel, por estes terem sido considerados como estando fora do âmbito de aplicação do ETS. Porém, as instituições europeias sustentam que este não reveste natureza de um imposto sobre o carbono, consistindo apenas num sistema de troca de licenças de emissão de gases com efeito de estufa. Desde logo, porque a UE não detém capacidade para lançar impostos, situação que tornaria o sistema ilegal. A natureza do ETS reside no subtil entendimento de um sistema que fixa um limite para as emissões que os operadores económicos devem observar, tendo de adquirir novos títulos no mercado de licenças de emissões quando excedem o teto fixado para o desenvolvimento da sua atividade, e pagando o respetivo custo.

A Comissão recorda que o ETS gera receitas significativas, sendo que na versão atual estas revertem para os EM. Na revisão proposta as receitas provenientes do comércio de licenças de emissão passariam a relevar do sistema de recursos próprios da UE, em virtude das alterações introduzidas aquando da aprovação do último quadro financeiro plurianual, as quais foram negociadas em conjunto com a criação do chamado Mecanismo de Recuperação e Resiliência (*Next Generation*).

A circunstância da receita obtida através do comércio de licenças de emissão passar a integrar os recursos próprios da UE terá, porventura,

impacto sobre a natureza jurídica do próprio sistema. Todavia, para mitigar a perda financeira causada pela reafecção da receita proveniente das licenças de emissão a Comissão propõe, na proposta de revisão do ETS, que aos EM sejam destinadas as verbas obtidas através da extensão do ETS2 aos sectores dos transportes marítimo e rodoviário, assim como da construção.

Considerando a subida previsível dos preços dos transportes e do aquecimento que a aplicação do ETS2 irá desencadear, a reforma prevê mecanismos destinados a proteger os estratos sociais mais afetados e prevenir os movimentos de contestação que possam emergir. Assim, o ETS2 prevê a criação de um Fundo Social para o Clima destinado a resguardar os agregados familiares europeus do aumento do custo dos combustíveis, com uma dotação de €87bi.

2.5. Considerações finais sobre o direito comunitário e da energia

A energia e o ambiente são domínios considerados como relevando da competência partilhada entre UE e EM. Estes exercem as suas competências nessas matérias na medida em que a UE não tenha exercido a sua, ocupando esse terreno normativo. A intensidade legislativa a que as áreas da energia e do ambiente têm sido submetidas por parte da UE nos últimos anos faz com que a possibilidade de iniciativas normativas dos EM esteja mais limitada.

A diretiva europeia sobre tributação da energia, na versão atual ou em futura revisão, pretende harmonizar os impostos nacionais sobre o consumo específico de produtos energéticos. O sujeito desta relação tributária é o consumidor final desses produtos. Pelo contrário, no sistema europeu de comércio de licenças de emissão a obrigação de pagamento do encargo decorrente da aquisição de licenças incide sobre as empresas que desenvolvam as atividades listadas na diretiva ETS. Apesar destas últimas repercutirem a quantia desembolsada no custo final dos seus bens, a estrutura contributiva das imposições decorrentes das duas diretivas acima referidas afigura-se bastante distinta.

A guerra na Ucrânia provocou um aumento do custo dos combustíveis, desencadeando uma espiral inflacionista por toda a Europa. Neste contexto,

os EM mais afetados por estes desenvolvimentos tenderão a seguir uma atitude cautelosa no processo de aprovação das diretivas em análise. Com efeito, esses países receiam o impacto de iniciativas legislativas cuja implementação implique uma ulterior subida do preço da energia para os consumidores, situação que certamente condicionará a entrada em vigor do pacote climático europeu.

3. O MERCADO VOLUNTÁRIO DE CARBONO EM PORTUGAL: UM NOVO DESAFIO

3.1. Um novo mercado, um novo produto: inovação e destruição criadora

A noção de *destruição criadora* (Schumpeter, 1926), em que as crises são cruciais no sistema capitalista, pois permitem regenerar o sistema, sendo o empresário o motor da mudança. A criação de uma nova empresa, de um novo produto, um novo processo, uma nova maneira de comunicar, um novo mercado, todas estas visões foram contempladas pelo considerado pioneiro da economia da inovação. A criação de um novo mercado é uma hipótese sempre disruptiva, pois oferece uma nova oportunidade de crescimento e de desenvolvimento. Abandonam-se práticas mais antigas, optando-se por novas estratégias viáveis e sólidas no longo prazo.

A recente proposta de um decreto-lei, cujo conteúdo se encontrava sujeito à discussão pública até ao dia 11 de abril de 2023, ainda está a ser ultimada. Assim, a proposta foi apresentada na sede da ACL, sugerindo sensibilidade científica governamental, a todos os títulos bem-vinda. A proposta enquadra a criação de um novo mercado voluntário de carbono, tendo em atenção a experiência nos espaços congéneres europeus e americano.

A criação de um novo mercado é desafiante, uma vez que o mercado é uma instituição, seja ela uma instituição física ou uma plataforma desmaterializada, que faz o encontro de vontades concomitantes entre a oferta e a procura. Há um conjunto de regras quanto à informação, à qualidade do processamento da mesma, ao poder de mercado associado aos participantes,

à sua regulação ou falta dela. Na apresentação da proposta à discussão pública, a Agência Portuguesa do Ambiente terá o papel essencial de “regulador das regras” ao validar metodologias associadas à concessão de créditos de carbono. Nessa apresentação, o Ministro do Ambiente e da Transição Climática assegurou que “o mercado será livre e não haverá nem *price ceilings*, nem *price floors*”. De facto, é essencial permitir um bom funcionamento do mercado desde o início, com regras transparentes e acesso ao mercado. O mercado de Certificados Europeu de Licenças de Emissão (CELE) funciona desde há décadas com regras claras, e verificando preços atrativos de centenas de euros por sequestro de t/m^3 de CO_2eq . No novo mercado voluntário de carbono os valores expectáveis serão mais diminutos, pois o volume transacionado, em princípio, também será menor. A profundidade do mercado determina até que ponto os *stakeholders* mais pequenos conseguem de facto transacionar e pertencer ao mercado. Analisemos, pois, as suas cláusulas legais de regulação.

3.2. Os limites regulatórios entre Economia e Direito da energia

O mercado voluntário de carbono pauta-se pela **adicionalidade, transparência, permanência e resiliência**. Ou seja, o certificado de carbono tem de ser certificado por uma das metodologias (que APA validará), mas ademais, tem de acrescer ao *stock* de capital natural. Dito de outro modo, o investimento em descarbonização tem de levar a uma variação positiva do *stock* de capital natural^a.

Note-se que a lei está muito virada para o Norte do País, com o apoio à reflorestação e o combate aos fogos (relembrem-se os terríveis fogos de 2017), com o apoio à engenharia florestal. Por exemplo, o montado, poderá

^a $N_{t+1} = (1+s) \cdot N_t - (\delta) \cdot N_t$ - Lei de movimento do *stock* de capital natural, em que δ é a depreciação do *stock* de capital natural, e s o investimento ou poupança em capital natural. Daqui se depreende que o investimento líquido em *stock* de capital natural será: $I_t = N_{t+1} - N_t = (s - \delta) N_t$, ou seja o excesso de poupança acima da depreciação de capital natural. Daí, se fundamenta, de facto a adicionalidade. Mesmo sem estarmos a falar de regeneração de ecossistemas (rg), caso o qual, se for endógena, poderíamos ter: $I_t = N_{t+1} - N_t = (rg + s - \delta) N_t$.

ser forma de investimento, mas ter-se-á de provar a adicionalidade. O que é viável, se se apostar numa economia descarbonizada, com biodiversidade dos ecossistemas e complementares.

Uma das bases de charneira, para os produtores de outras valências agronómicas não perderem esta excelente oportunidade da transição energética, será a de alicerçarem os seus projetos por meio do impacto socioeconómico, nomeadamente a dita permanência dos investimentos. Dito de outro modo, um montado pode não parecer adicional, mas a sua manutenção e biodiversidade na exploração, é adicional, a sua permanência permite regenerar o capital natural associado a essa floresta.

A importância da engenharia agronómica, e também das ciências sociais, como a economia e sociologia na definição desta matriz de valências de permanência, e de adicionalidade é crucial. De igual, a lei tem sempre uma interpretação que se for bem feita e bem utilizada pode permitir explorar valências muito interessantes na esfera económica e social.

Vemos este decreto-lei, ou proposta do novo mercado, mesmo com as indefinições a jusante, i.e., por exemplo, como se validarão as metodologias em concreto? — além de APA *dixit*; o que ocorrerá se houver conflito entre metodologias?

Mas o bom senso na gestão da proposta, sem querer delimitar e circunscrever tudo, parece ter deixado um pouco de liberdade da lei, regulando o essencial, sem travar o seu nascimento, mas ao mesmo tempo prevenindo algumas dificuldades.

Por exemplo, em caso de violações dos princípios ambientais na gestão dos créditos do mercado voluntário de carbono, os agentes serão naturalmente punidos, revertendo a receita em favor do fundo ambiental.

Há também a verificação da atinência ao **princípio da precaução**. Exemplo, uma metodologia uma vez aprovada vigorará até final da permanência do projeto. Mesmo que a meio seja invalidada, os créditos gerados serão válidos até final do contrato.

Cada crédito de contrato gerado por adicionalidade é transferível, *ad aeternum* no mercado. O que é garante de valor e de qualidade.

3.3. Uma transição energética?

O mercado CELE e os mercados de carbono voluntários não são concorrentes, o mercado CELE serve de guia de referência para as Autoridades Nacionais, entenda-se EM cumprirem as suas metas dos Protocolos de referência, desde Quioto, Paris e o *Green Deal*, as metas do mercado voluntário de carbono são adicionais e não relevam para efeitos de métrica no IPCC. Porque não? Por razões de adicionalidade e com o fito de não desviar a consecução de metas de política económica ambiciosas em termos do Protocolo de Paris e do Pacto Ecológico Europeu.

De qualquer modo, a criação de mecanismos complementares ao *Green Deal*/Pacto Ecológico Europeu permitiu, segundo as metas do ministério do ambiente, antecipar, em cinco anos, a meta da neutralidade carbónica portuguesa para 2045, em vez de 2050.

3.4. O Mercado como instituição.

A tradicional importância das instituições no crescimento e desenvolvimento económico e social foi redescoberta por Acemoglu, Johnson e Robinson (2005) e reiterado em *Why nations fail?* (2012) evocando uma cidade dividida ao meio entre o Novo México (EUA) e o México. Neste caso, a única diferença, não será o clima ou as condições edafo-climáticas, com fluxo de trabalhadores de um lado para o outro, mas apenas o diferencial institucional dos EUA face ao México, o que fundamenta, por sua vez, o diferencial de crescimento positivo da metade da cidade americana face à metade mexicana. Muitos outros exemplos se poderiam dar, desde logo na Europa, mas é mais relevante recordar a origem da abordagem em Nelson e Winter (1985) que inspiraram-se na teoria evolucionista em que o lema é a sobrevivência do mais forte no mercado, decorrente daquilo a que Schumpeter, o pai da economia da inovação, chamou *destruição criadora*, e tem sido analisado desde a sociologia de Hodgson (2006) aos modelos de Aghion e Howitt (1998).

O mercado é uma instituição constituída por agentes de procura e por agentes de oferta, com a sua cultura informativa, que procuram transacionar neste caso um ativo ambiental.

Este ativo ambiental tem subjacente um ativo real visível, o capital natural, não o seu *stock*, mas sim a sua adicionalidade e permanência. Para este ter valor económico, que se traduza em preço de mercado justo, terá de ser credível.

Logo as metodologias validadas pela APA afiguram-se da maior importância, assegurar transações eficientes, sem especulação, ou poder de mercado distorcido, ou vender créditos que afinal não são credíveis também será essencial.

Evitar *green washing* é essencial. Em outras geografias, houve mercados voluntários de carbono que se iniciaram, mas que certas organizações (e.g. empresas) acabaram na ânsia de prestar contas de responsabilidade corporativa supostamente correta, minando todo o projeto. De facto, a credibilidade é um processo com histerese, demora muito a conquistar, mas rapidamente se perde. (Exemplo, demora muito a construir de A para B, mas para decair de B para A é mais rápido). Esta credibilidade está fortemente associada a boa governação e boas instituições no longo prazo.

3.5. O curto, o médio e o longo prazo. Ligação à dinâmica da economia da transição energética de longo prazo e a descarbonização da economia portuguesa: desafios e oportunidades.

O tempo geológico não se compadece com o tempo humano: os economistas trabalham em gerações humanas de uns setenta anos, os historiadores vão aos milhares e o limite geológico é de milhões de anos, tal como o dos antropólogos. Compaginar a nossa economia implica conciliar a Natureza, seja ela não linear, mas verdadeiramente circular, com a longa duração. Apresenta-se a seguir uma proposta de reestruturação fiscal verde que visa facilitar a descarbonização da economia portuguesa e a sua transição energética eficiente, na linha de Pereira e Pereira (2023).

O pacote legislativo europeu “Energia Limpa para Todos os Europeus” inclui, entre outros, a obrigatoriedade de cada EM elaborar Planos Nacionais de Energia e Clima (PNeC), definindo os objetivos, metas e contribuições de cada EM para cada uma das cinco dimensões da União da Energia

até 2030, bem como uma descrição das políticas e medidas previstas para a sua implementação.

Um relatório recente do IPCC estabelece metas de CO₂ muito claras para 2030. O relatório do IPCC (2018) indicou que limitar o aquecimento global a 1,5 °C exigiria transições rápidas e de longo alcance em terra, energia, indústria, edifícios, transporte e cidades.

As emissões globais de CO₂ precisariam cair cerca de 45% em relação aos níveis de 2010 até 2030, atingindo o “zero líquido” por volta de 2050, e a neutralidade dos gases de efeito estufa remanescentes precisaria ser alcançada logo depois disso.

A política interna para lidar com as mudanças climáticas está centrada em três prioridades:

Primeiro, uma redução nas emissões de gases de efeito estufa entre 45% e 55% até 2030, em relação aos níveis de 2005.

Segundo, a utilização de energias renováveis para satisfazer 47% do consumo final bruto de energia.

Em **terceiro lugar**, um aumento da eficiência energética para reduzir o consumo de energia primária em 35%.

Os seus objetivos visam mover o país em direção à sua meta de 2050 de neutralidade de carbono.

3.6. O sistema tributário português da energia.

O sistema tributário português oferece um conjunto alargado de incentivos que influenciam as escolhas dos consumidores e produtores no sistema energético. O atual sistema tributário é desenhado com base, em parte, no conteúdo energético dos combustíveis e na necessidade de captação de recursos para o orçamento público. Porém, está repleto de disposições especiais e subsídios aplicáveis a produtos energéticos considerados perversos do ponto de vista ambiental.

A reforma do atual imposto sobre os produtos energéticos com base nos custos ambientais associados ao consumo de combustíveis fósseis pode ajudar a internalizar os custos ambientais externos associados à utilização de

combustíveis fósseis e criar um instrumento de política fiscal mais focado e com capacidade para colmatar ineficiências nos mercados energéticos ao mesmo tempo em que aumenta a receita para o setor público.

Em 2015, um imposto de carbono indexado ao preço do carbono no EU-ETS foi introduzido como um complemento ao ISP. Como tal, este imposto sobre o carbono tem várias deficiências sérias que o tornam uma ferramenta bastante ineficaz e que precisa desesperadamente de uma reforma porque é muito baixo e está longe de ser universal. Herdou todas as isenções que sustentam a tributação mais ampla da energia e não incorpora quaisquer mecanismos de reciclagem que o tornariam prejudicial para a economia e levantariam preocupações de justiça social. A primeira é a inadequação dos atuais sistemas de tributação da energia em precificar a energia de forma ambientalmente sustentável devido ao foco no conteúdo energético dos combustíveis fósseis em vez das emissões. Ainda mais prejudicial para esses esforços é a existência generalizada de subsídios ambientalmente perversos que tornam os combustíveis fósseis ainda mais baratos do que os mecanismos de mercado ditariam. Também são inadequados os mecanismos necessários para acertar os preços da energia de acordo com os padrões ambientais, em particular a tributação do carbono.

3.7. Objetivos e recomendações de política económica do Modelo DGEP de Pereira e Pereira (2023).

O modelo de equilíbrio geral dinâmico da economia portuguesa (DGEP) usado para avaliar os efeitos macroeconómicos, orçamentais e distributivos ambientais de uma reforma fiscal energética-ambiental permite acertar os preços da energia em prol da descarbonização desenhando um imposto sobre o carbono que seja *universal, uniforme, no nível adequado* e com a devida reciclagem das receitas fiscais. O modelo permite determinar o nível de tributação do carbono necessário para atingir os objetivos domésticos de descarbonização, identificar os custos macroeconómicos e distributivos de atingir essas metas e projetar estratégias para reciclar as receitas da tributação do carbono de forma a reverter os efeitos adversos macroeconómicos e

distributivos do cumprimento dessas metas; esta é a proposta de Pereira e Pereira (2023).

Para o *detalhe dos resultados* e metodologia basta consultar o *Working paper sobre o modelo DGEP de Pereira e Pereira (2023, 2024)*, para aferir da *viabilidade de uma taxa de impostos de carbono de 90€/t face a 120€/t*, onde se exibem os trade-offs entre os diferentes sectores energéticos, a economia como um todo e o custo e divisão dos mesmos em termos de bem-estar social agregado.

Esta análise experimental baseia-se em 3 cenários: 1) a substituição do ISP por um imposto de carbono de 90€/t sem reciclagem de receitas, 2) a política anterior de substituição do ISP por um imposto de carbono de 90€/t, mas com reciclagem de receitas de carbono, ou seja, empregando as receitas em atividades não poluentes e 3) a política de substituição de o ISP por um imposto de carbono de 120€/t de carbono com reciclagem. Note-se que, para ser consistente com a política de sustentabilidade ambiental de carbono zero, deveríamos ambicionar uma taxa de 150€/t de carbono equivalente. Será politicamente exequível mesmo a médio prazo?

O racional de substituir um imposto de 90€/t por um imposto de 90€/t com reciclagem tem a ver com a experiência falhada da Reforma Fiscal de 2014, em que, de facto, se impôs uma reforma eficiente, mas que mais tarde, se evitou o duplo dividendo. Ou seja, de facto as receitas geradas foram utilizadas, não só em atividades não poluentes, mas também poluentes. Este facto levaria efetivamente à demissão do Presidente da Comissão de Reforma Fiscal Ambiental de 2014, por divergência natural e não concordância com a distorção de incentivos então gerada.

Deste modo, é perfeitamente compreensível que o terceiro cenário seja o de substituir o ISP por um imposto que não incida apenas sobre os carburantes. Aliás também se retiraram consequências da exequibilidade política do exercício de 2014. Na verdade, um imposto do carbono para substituir o atual ISP exigia 120€/t, mas para cobrir a reciclagem de receitas chegaria a 155€/t. O cenário intermédio permite uma transição institucional com um *soft landing*, e viável. Da optimalidade económica à transição exequível, vai uma mudança institucional e cultural.

Decorrem desses resultados do estudo de Alfredo e Rui Pereira **três recomendações:**

1. **Substituir o ISP atual** por um **imposto universal equivalente sobre emissões de carbono.**

2. **Aumentar a taxa de carbono** para os níveis necessários.

3. Proceder à **reciclagem de todas as receitas do imposto de carbono**, além de substituir o ISP de uma forma que alivie outras margens fiscais — imposto de rendimento pessoal sobre o rendimento do trabalho e através de créditos de investimento de imposto sobre o rendimento das empresas — e que promova a eficiência energética das mesmas.

As implicações de uma Reforma Fiscal Ambiental, novamente **segundo os autores são três:** 1) a grande oportunidade para o desenvolvimento de uma estratégia conducente ao crescimento económico sustentável e à melhoria das questões de justiça social, 2) a procura de amplo consenso político para equilibrar crescimento económico, competitividade internacional e 3) justiça social em termos aceitáveis para um “centro político” mais difícil de interpelar desde 2015. Tal reforma exige até uma reestruturação dos pelouros ministeriais. Infelizmente, o Governo revelou um bizarro “medo das reformas estruturais”. Quem imagina a colaboração empenhada de Ministérios como Finanças, Economia, Trabalho, etc. com o Ambiente? Só para insistir na dificuldade de encontrar a visão global necessária, reitere-se que políticas de descarbonização significarão **preços de energia mais altos. Não há futuro com energia barata** de maneira que **questões de competitividade e justiça social** devem ser **abordadas fora dos mecanismos de preços.**

4. CONCLUSÃO

As instituições, o seu quadro jurídico com o sistema de incentivos será o ponto de partida e ponto de chegada para esta reversão de mentalidades e de comportamentos *à la longue* que permitirá alterar a política ambiental de energia, a produção e uso desta para a reconverter, descarbonizando a economia portuguesa, europeia e mundial.

Nas questões que ligam Direito e Economia da Energia no contexto institucional português, sobressaem estas duas questões práticas de Direito Fiscal enformado pelo Direito Nacional e Comunitário:

1. É possível taxar uma entidade que está no CELE (*supra*, 3.1) com um imposto sobre o carbono que suplementa o preço desse mercado?

2. É possível, e como reduzir o ISP a um mínimo de componente sobre energia a um máximo sobre conteúdo de emissões?

Assim, o estudo aponta as respostas de viabilidade e exequibilidade da proposta de reforma fiscal, usada na simulação do modelo dinâmico de equilíbrio geral (*supra*, 3.6):

1. Sendo a fiscalidade uma prerrogativa dos Estados, pensamos que estes poderão tributar/agravando as empresas que desenvolvam a sua atividade no âmbito das indústrias listadas (para além do que resultaria do ETS).

2. Sendo o ISP um imposto especial sobre o consumo de produtos petrolíferos (*accise*), estará condicionado pela diretiva sobre tributação de energia, desde logo, no que respeita a estrutura de tributação e as taxas mínimas de imposto. Segundo cremos, a estrutura da diretiva comunitária estará obsoleta, justamente porque incide sobre o volume dos combustíveis, sem relação com o nível de emissões.

Deste modo, a compaginação entre o direito fiscal e a economia é alcançada, só faltando assegurar a vontade e exequibilidade política, que depende da estabilidade social, da paz económica e da boa governação. De novo, o processo de reconversão energética, é dinâmico, ineficiente, um processo de longa memória, holístico e que enforma uma estrutura complexa. As duas classes da ACL têm alertado para a complexidade das políticas globais, regionais e nacionais, através dos *trade-offs* da política económica, das leis que os enformam e do debate em torno da criação da memória institucional.

Não se afigurará fácil cumprir as metas previstas do IPCC para 2050, dos roteiros para a neutralidade carbónica, a compaginação dos incentivos, à la longue, mas o contexto deste debate e o alerta da sociedade científica, interdisciplinar, para a sociedade civil e política, faz parte da

corresponsabilização enquanto investigadores e participantes num estado de direito e democrático. De novo, a cada direito nosso, corresponde o dever de compromisso de preocupação intergeracional com as gerações vindouras (Pica e de Sousa, 2023). A consciencialização que o nosso presente é o futuro dos nossos netos e trinnetos tem estado presente no debate do custo social do carbono *à la longue*, sendo o ponto charneira introduzir esquemas de incentivos, na linha dos que propusemos, para que de facto a sustentabilidade económica, social, política e, naturalmente, ambiental, seja alcançada.

Tim O’Riordan (2014), um dos criadores do ramo da sustentabilidade, defende, desde os anos 70, que a sustentabilidade é “*a way of becoming*”, ou seja, “um caminho de se transformar”. Regressamos assim, fechando o círculo, com uma economia, em que se quer baseada no direito, nos incentivos, na complexidade, e nos modelos matemáticos, sem esquecer que além de positiva, a economia tem, acima de tudo, de ser uma ciência normativa, alicerçada na ética. Uma economia sem ética, por muitas metas que tenha, não será economia. Daí a importância da construção de instituições sustentáveis e da reconversão energética e do “*way of becoming carbon neutral*”.

Agradecimentos

M. Rocha de Sousa do Centro de Investigação em Ciência Política (UID/CPO/00758/2020), Universidade do Minho e Universidade de Évora contou com o apoio financeiro à sua investigação pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e do Ministério da Educação e Ciência de Portugal através de fundos nacionais. Agradecem-se comentários de Miguel Lebre de Freitas, Alfredo Marvão Pereira, José Belbute, além de Jorge Braga de Macedo e de todos os participantes a uma versão prévia, declarando, naturalmente, os autores o *disclaimer* usual. Durante a elaboração deste texto saiu o Decreto-Lei n.º 4/2024, de 5 de janeiro que implementa o mercado voluntário de carbono. Mas a APA, I.P., à data, ainda não tinha começado o processo de registo das entidades e de metodologias. Com as eleições a 10 de março de 2024, e um novo governo, está em aberto a implementação no terreno deste novo desiderato e quadro legal, mas enquadrado em moldes similares ao previsto.

REFERÊNCIAS

- Acemoglu, D., Johnson, S. & Robinson, J. A. (2005). Institutions as a fundamental cause of long-run growth. *Handbook of economic growth*, 1, 385-472.
- Acemoglu, D., Johnson, S. & Robinson, J. A. (2012). *Why nations fail: The origins of power, prosperity and poverty*. (pp. 45-47). London: Profile.
- Aghion, P., Howitt, P. (1998). *Endogenous growth theory*. MIT press.
- Coase, R. H. (1960). "The Problem of Social Cost". *Journal of Law and Economics*, 3(1.44).
- Hodgson, G. M. (2006). What are institutions?. *Journal of economic issues*, 40(1), 1-25.
- [IPCC 2023] Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., ... & Park, Y. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- [IPCC 2018] Allen, M., Dube, O. P., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., & Kainuma, M. (2018). Special report: Global warming of 1.5 C. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.
- Kunstler, J. H. (2006). *O fim do petróleo: o grande desafio do século XXI*. Editorial Bizâncio, Lisboa.
- Nelson, R. R. & Winter, S. (1985). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press, Belknap Press, USA.
- Nordhaus, W. (2019). Climate change: The ultimate challenge for economics. *American Economic Review*, 109(6), 1991-2014.
- O'Riordan, T. (2014), *Environmental Science for Environmental Management* Editor, Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315839592>
- Pereira, AM, Pereira, R. (2024), "Descarbonização da Economia Portuguesa: Desafios e Oportunidades" – neste volume ACL, Lisboa.
- Pereira, A.M., Pereira, R. (2023), *Descarbonização da Economia Portuguesa: Desafios e oportunidades com Modelo DGEP*, College of William and Mary, Virginia, mimeo, em progresso.
- Pica, A.P. & Rocha de Sousa, M. (2023b), "Alterações Climáticas e Economia: uma Abordagem por via da Preocupação Intergeracional e de Teoria dos Jogos", *SASE, Society for the Advancement of Socio-Economics conference*, July, 2023, Rio de Janeiro, Brasil, baseado em tese de mestrado UE.

- Pica, A. P. M. D. P. (2023a). *Alterações climáticas e economia: uma abordagem por via da preocupação intergeracional e da teoria dos jogos* (Master's thesis, Universidade de Évora).
- Pigou, A. C. (1924). *The economics of welfare*. Macmillan.
- Schumpeter, J. A. (1926). *Theorie der wirtschaflichen Entwicklung: Eine Untersuchung über Unternehmergeinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunktursyklus*, 2nd rev. edn, Leipzig: Duncker & Humblot. *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*.
- Sen, A. (1999). *On ethics and economics*. OUP Catalogue.
- Stern, N. (2006). *Stern Review: The economics of climate change*

A economia política da transição energética: enquadramento europeu e políticas nacionais^a

ANNETTE BONGARDT E FRANCISCO TORRES*

1. A CRISE CLIMÁTICA: UMA CRISE EXISTENCIAL

A par de outras crises, vivemos hoje uma crise ecológica global. Ela abrange não só as alterações climáticas (incluindo a possível alteração da circulação no Atlântico, que se poderá traduzir em alterações drásticas nos padrões climáticos da Europa ocidental), mas também fenómenos como a perda de biodiversidade e a poluição, reduzindo drasticamente a qualidade de vida e as condições económicas e sociais. Ela não é apenas mais uma crise, mas uma crise existencial. É por isso necessário, desde logo também por considerações de eficiência, que o clima e a biodiversidade sejam integrados na economia e incluídos nas funções de produção e consumo e na tomada de decisões (Dasgupta, 2007; 2021). Por outro lado, a nível europeu, é especialmente importante evitar repercussões negativas da degradação ambiental não internalizada no mercado único e na União Económica e Monetária (UEM).

Na União Europeia (UE), o Pacto Ecológico Europeu (PEE) apresentado em 2019 adota uma abordagem holística de sustentabilidade, que se traduz no facto de todas as políticas deverem obedecer ao objetivo de alcançar uma

^a Contribuição para o estudo da secção de economia e finanças da Classe de Letras, Academia das Ciências de Lisboa, coordenado por Jorge Braga de Macedo. No caso da primeira autora, que é também membro integrado do CICP, a investigação para este estudo foi realizada no Centro de Investigação em Ciência Política (UIDB/0758/2020), Universidade do Minho/Universidade de Évora, apoiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e pelo Ministério da Educação e Ciência através de fundos nacionais.

* Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Católica Portuguesa.

Europa neutra em emissões de carbono até 2050. No entanto, esse objetivo aplica-se coletivamente à União e não individualmente a cada estado-membro. As políticas nacionais mantêm por isso uma importância crucial na transição energética. Até à data, de acordo com a Rede Europeia de Ação Climática (CAN Europe, 2022), metade dos estados-membros (e alguns países vizinhos) adotaram leis climáticas nacionais com metas de neutralidade climática para toda a economia, em muitos casos acompanhadas por mecanismos nacionais robustos de governação climática. A nível da UE, a revisão do regulamento de partilha de esforços parece por isso ser o melhor instrumento para aprender com os ensinamentos dos países com legislação nacional em matéria de clima.

Em trabalhos anteriores considerámos que o PEE consubstancia uma nova mudança qualitativa na integração europeia e pode ser considerado um novo, terceiro, pilar da governação económica da União Europeia (UE)^b. Com efeito, depois do mercado único e da UEM já terem mudado um modelo de integração através do aprofundamento do comércio para um modelo regulatório e acrescentado uma união monetária à vertente (ainda incompleta) da união económica, o PEE vem reforçar a sustentabilidade económica, introduzindo a sustentabilidade ambiental na lógica da competitividade. O raciocínio da eficiência económica por si só exige que os efeitos ambientais sejam tidos em conta, pressupondo a internalização dos efeitos externos negativos da atividade produtiva, como a poluição. Se as externalidades negativas não forem internalizadas, a diferença entre o custo privado (preço de mercado) e o custo social (de oportunidade) leva à produção e ao consumo excedentários, ao desperdício e destruição de recursos naturais (também uma ineficiência económica).

O PEE dá consistência ao que vinha sendo uma abordagem fragmentada e a UE só poderia alguma vez esperar uma integração europeia

^b Bongardt e Torres (2022). Alguns outros autores — como Schoemaker (2023) ou Tocci (2022) — têm adotado a mesma posição ou posições semelhantes sobre a importância do PEE no modelo de governação económica da UE.

verdadeiramente sustentável do ponto de vista político se colocasse a economia ao serviço do projeto de integração, adotando uma perspectiva de sustentabilidade mais ampla, também no que diz respeito à resolução das suas fragilidades de governação (Bongardt e Torres, 2024b). No entanto, o PEE enquanto elemento constitutivo do modelo económico da UE ainda está em construção pelo que ainda se apresenta frágil. Apesar disso, e ao mesmo tempo, o PEE tem um alcance revolucionário, na medida em que passaram a ser os limites do planeta à economia a determinar o nível de ambição, para preparar a UE para o futuro, através de políticas que visem o longo prazo e uma profunda transformação económica.

2. O PEE E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: ENQUADRAMENTO EUROPEU

A clareza da ciência relativamente às alterações climáticas contrasta com os atrasos e dificuldades da humanidade em implementar políticas e medidas em consonância com o objetivo de chegar atempadamente à neutralidade carbónica. Neste contexto, o sector da energia ocupa um lugar crítico, sendo responsável por mais de três quartos das emissões de gases com efeito de estufa ao nível global (International Energy Agency, 2023).

Na Europa, foi o reconhecimento das alterações climáticas como o maior desafio a médio e longo prazo que a UE enfrenta que abriu caminho à limitação do aquecimento global como objetivo prioritário. No seu 6.º relatório de avaliação (20 de março de 2023), o Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC, na sigla em língua inglesa para *Intergovernmental Panel on Climate Change*) das Nações Unidas retoma a necessidade e urgência de abordar as alterações climáticas.^c Alcançar a neutralidade carbónica pressupõe políticas profundamente transformadoras e um crescimento ambientalmente sustentável, tendo em conta, entre outros, as alterações

^c Em finais de 2023, a Conferência das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (COP28) reconheceu a causalidade entre emissões de gases com efeito de estufa e alterações climáticas, bem como a necessidade de acelerar a saída de energias fósseis (Nações Unidas, 2023).

climáticas, a perda de biodiversidade, a destruição da camada de ozono, a poluição da água, a poluição por resíduos e a pressão urbana.

A UE adotou, assim, como objetivo, alcançar zero emissões líquidas de gases com efeito de estufa no seu conjunto até 2050, dissociando o crescimento económico da utilização de recursos (Comissão Europeia, 2019), o que exige, acima de tudo, a redução das emissões, o investimento em tecnologias verdes e a proteção do ambiente natural. O PEE consagra por isso um conjunto de iniciativas que abrangem uma vasta gama de domínios políticos: energia limpa, indústria sustentável, construção e renovação, sistema alimentar sustentável, eliminação da poluição, mobilidade sustentável e biodiversidade. É parte integrante do plano de implementação da Agenda 2030 das Nações Unidas e dos seus objetivos de desenvolvimento sustentável, com um plano de ação para implementação, uma lei climática para transformar os compromissos políticos de neutralidade carbónica numa obrigação legal e um mecanismo de transição justa para facilitar a transição nas regiões mais afetadas. Salaria a justiça intergeracional e as oportunidades económicas. Para além disso, engloba todos os outros domínios políticos, anteriormente não relacionados, sendo a proteção ambiental considerada no contexto do desenvolvimento económico.^d

Com efeito, a Comissão veio consagrar e adotar uma perspetiva de sustentabilidade (económica, social e ambiental) na Estratégia Anual de Crescimento Sustentável 2020, anteriormente denominada Estratégia Anual de Crescimento. Esta mudança sublinha o papel multifacetado que as políticas ambientais podem desempenhar no que respeita à recuperação económica sustentável e ao crescimento do emprego, através da eficiência na utilização dos recursos e da economia circular, mas também de outros, como a reforma fiscal ambiental, também já discutida nas contribuições de outros autores para este volume, incluindo a transferência da carga fiscal do trabalho (um bem)

^d O PEE reorientou amplamente o processo europeu de coordenação macroeconómica do crescimento para a sustentabilidade (Bloomfield e Steward, 2020; Wolf *et al.*, 2021).

para a poluição ambiental (uma ineficiência, um mal).^e

O PEE, dá seguimento às estratégias de Lisboa e Europa 2020, na medida em que tem como objetivo a sustentabilidade da economia e a sociedade europeias, transformando potenciais ameaças (como os desafios climáticos e ambientais) em oportunidades económicas (crescimento sustentável) e tornando a transição justa e inclusiva. Vai, no entanto, muito além daquelas duas estratégias.^f A noção de uma transição justa e inclusiva é vista como uma pré-condição para alcançar um amplo consenso social sobre a transição verde e, eventualmente, garantir a sua implementação bem-sucedida.^g

Como salienta Schoenmaker (2023), os economistas tendem a defender políticas governamentais fortes para alcançar o bem público do desenvolvimento sustentável, mas isso não é suficiente. Em vez disso, o paradigma económico tem de mudar e todas as partes, não apenas os governos, têm de agir de forma complementar para alcançar o desenvolvimento sustentável, incluindo em dimensões políticas tão diferentes como o comércio internacional, as políticas energética e climática, as políticas fiscal e orçamental e a política monetária.

A introdução de uma lente de sustentabilidade abrangente (neutralidade climática) relativamente a todas as políticas, na economia e sociedade traduz-se numa mudança de paradigma económico. No entanto, ao contrário do mercado único e da UEM, o PEE não se materializou com uma

^e Como salientado em Garcia (2024), os estados deveriam aprofundar o princípio da sustentabilidade também no plano fiscal, o que, de certa forma, está hoje consagrado na alínea h) n.º 2 do Artigo 66.º da Constituição da República Portuguesa: “Assegurar que a política fiscal compatibilize desenvolvimento com protecção do ambiente e qualidade de vida”, aditada na revisão constitucional de 1997 por proposta de um dos autores.

^f Para uma análise abrangente das estratégias de Lisboa e Europa 2020, veja-se Bongardt e Torres (2020).

^g A criação do Fundo Social para o Clima visa facilitar ajudas financeiras específicas aos estados-membros em apoio dos cidadãos vulneráveis e das microempresas que efetuaram investimentos em medidas de eficiência energética, como o isolamento doméstico, as bombas de calor, os painéis solares e a mobilidade elétrica. Poderá também prestar um apoio direto ao rendimento que cubra até 37,5% dos novos planos sociais para a ação climática. O fundo entrará em funcionamento em 2026, antes da entrada em vigor do novo regime de comércio de licenças de emissão, o ETS 2.

alteração dos tratados nem com novas competências para a União, pelo que o desafio coletivo da União como um todo, mas também dos estados-membros que a integram individualmente, consiste em conciliar os objetivos de longo prazo com políticas e ações coerentes no curto prazo, tendo em vista a integração das questões climáticas e ambientais nas várias políticas europeias e nacionais. A implementação dos seus ambiciosos objetivos depende, assim, da boa utilização do atual quadro de governação económica da UE, nomeadamente das políticas climática e energética.

O PEE vem enquadrar toda a legislação climática e uma multiplicidade de políticas e instrumentos que anteriormente careciam de coerência e de uma abordagem holística. A política climática (legislação vinculativa), juntamente com a integração da dimensão ambiental, o chamado princípio da integração da política ambiental ou *mainstreaming* ambiental (e climático), atua como uma condicionante positiva, interna à União, que ajuda a alinhar outras políticas. Por outro lado, os compromissos internacionais, sobretudo o acordo de Paris sobre o clima de 2015 (para o qual a UE conseguiu “exportar” o princípio da precaução), acrescentam condicionantes externas. De salientar ainda que a UE aborda as questões energéticas no âmbito e com os instrumentos do Mercado Interno. Se é verdade que duas das três Comunidades Europeias, a Comunidade Europeia do Carvão e do Aço, CECA e a Euratom tinham como objeto principal a energia, o que testemunha a importância dada ao sector na integração europeia, o fim programado da CECA em 2002 (a Euratom nunca chegou a ter grande relevância) deixou a UE sem instrumentos de energia específicos.

A eclosão da pandemia de COVID-19, logo após a apresentação do PEE, em dezembro de 2019, constituiu um primeiro teste à sua resiliência/sustentabilidade. A Comissão Europeia, que recuperou a liderança de alguma forma perdida para o Conselho Europeu nas crises financeira e das dívidas soberanas, percebeu que o PEE poderia obter um consenso razoável entre todos os estados-membros como uma estratégia de saída para a crise pandémica. Os esforços da UE para assegurar uma recuperação sustentável, equilibrada, inclusiva e justa orientada para o futuro centraram-se, por

consequente, neste novo pilar da governação económica europeia e no investimento que foi possível mobilizar pela União. Dado tratar-se claramente de um choque externo, comum a todos os estados-membros, a resposta da UE à pandemia pôde também fornecer recursos — na verdade, o maior pacote de estímulo de sempre da UE. Mais importante, uma grande parte dos fundos de recuperação foi destinada à chamada transição verde (Comissão Europeia, 2020).

3. O PEE E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: INSTRUMENTOS

Para além da lei climática europeia, o ato que estabelece em lei o objetivo de neutralidade climática para 2050 e uma meta mais ambiciosa para 2030, a Comissão Europeia (2021) apresentou o pacote de propostas legislativas para concretizar o objetivo climático da UE para 2030, denominado pacote Objetivo 55, ou *Fit-for-55*, como é mais conhecido.^h Como salienta a Rede Europeia de Ação Climática (CAN Europe, 2022), o *Fit-for-55* traduziu-se num vasto conjunto de propostas destinadas a rever e atualizar a legislação da UE e a criar novas iniciativas, abertura de um grande número de diretivas e regulamentos, com uma reformulação de todo o quadro energético e climático, sem que a Comissão propusesse ou desenvolvesse novos instrumentos. Esta legislação vinculativa constitui uma alavanca para o necessário reforço em todos os domínios de intervenção, mas, como já salientado, aplicando-se apenas coletivamente à União.

A aceleração substancial dos objetivos de redução das emissões para 2030 antecipa atempadamente as necessidades de execução, aumentando assim as pressões no sentido de uma ação política a mais curto prazo, ainda durante a presente década. Por um lado, torna ainda mais exigente a tarefa

^h A meta para 2030 situava-se inicialmente em apenas 40 por cento. Após uma avaliação de impacto, a Comissão atualizou-a para, pelo menos, 55 por cento. O Conselho Europeu consagrou a nova meta em dezembro de 2020, enquanto o Parlamento Europeu tinha (sem sucesso) apontado para 60 por cento; o primeiro prevaleceu. O regulamento foi debatido no seu conjunto no âmbito do processo legislativo ordinário.

de rever todas as políticas e legislação europeias e nacionais para assegurar a coerência (objetivo, percurso). Aumenta as pressões sobre todos os sectores económicos para contribuírem já a curto prazo, dentro de uma lógica holística de sustentabilidade (da qual a economia circular e as estratégias do alimentação sustentável são uma expressão).

Por outro lado, implica também necessidades de capital muito maiores, em particular no sector da energia. As estimativas apontam para um aumento substancial das necessidades de investimento da UE em matéria de clima e segurança energética (Mongelli, 2023). Estas são já especialmente importantes para o período 2021–30 para se alinharem com o objetivo Fit-for-55, exigindo a quadruplicação do investimento em algumas áreas, um quinto ou um quarto das quais deve ser financiado pelo sector público, dado que o sector privado tende a optar por financiar investimentos “produtivos” relativamente a investimentos com um valor facilitador ou social.¹

O PEE recorre a um instrumento de limitação e comércio (*cap and trade*) de emissões a nível da UE já com alguns anos: o Regime de Comércio de Licenças de Emissão (ETS na sigla em língua inglesa para *emissions trading system*, como é vulgarmente conhecido). O ETS teve em conta as políticas internas e os objetivos dos estados-membros; tem evoluído ao longo dos anos. O ETS é um instrumento de mercado com propriedades de eficiência, dependendo o seu bom funcionamento de um preço do carbono adequado, isto é, que crie incentivos ao abate de poluição e de um mercado competitivo. Sujeito a um limite máximo para as emissões totais, o preço do carbono reflete a escassez relativa (oferta e procura). O comércio de licenças de emissão de carbono incentiva os agentes económicos a reduzirem as emissões e a investirem em equipamentos mais eficientes do ponto de vista ambiental. O ETS deverá tornar-se mais amplo e eficaz ao longo da

¹ Em outubro de 2023, a UE criou uma norma europeia oficial de obrigações verdes para melhor direcionar os fluxos financeiros e de capital para investimentos verdes. O regulamento estabelece requisitos uniformes para os emitentes de obrigações que pretendam utilizar a designação “obrigação verde europeia” (EuGB, na sigla em língua inglesa para *European green bonds*) para as suas obrigações sustentáveis do ponto de vista ambiental.

sua quarta fase (a presente década, 2021–2030), como parte do *Fit-for-55* (Comissão Europeia, 2021).

A este instrumento faltava, porém, a dimensão externa. Na ausência de um regime mundial de comércio de licenças de emissão de carbono ou de uma fixação equivalente do preço do carbono, um ETS europeu eficaz corre o risco de criar uma desvantagem competitiva para certas empresas europeias com forte uso de energias fósseis e expostas à concorrência externa face a empresas de países terceiros. O reconhecimento deste facto levou a UE a procurar outro instrumento de política ambiental, o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM na sigla em língua inglesa para *carbon boarder adjustment mechanism*, como é vulgarmente conhecido), que é o primeiro direito aduaneiro sobre o carbono a nível mundial e que começou a funcionar no outono de 2023 (fase de transição, de recolha de dados), tornando-se permanente em 1 de janeiro de 2026. Os dois — o ETS e o CBAM — estão interligados: embora o CBAM também gere receitas, trata-se, acima de tudo, de corrigir distorções concorrenciais relacionadas com o comércio extracomunitário, a chamada fuga de carbono (*carbon leakage*) nas fronteiras da UE, provocadas pelas políticas climáticas da UE, protegendo assim a viabilidade económica e política do ETS e o princípio do poluidor-pagador, baseado no Tratado da UE (Bongardt, 2023).^j

O sinal preço é fundamental para orientar os comportamentos e investimentos das empresas no sentido da sustentabilidade. Os investimentos na competitividade do carbono não devem ser vistos como um mero fator de custo, as empresas também ganham maior eficiência, tornando-se potencialmente mais inovadoras.^k Também a nível internacional, a política

^j Em dezembro de 2022, os legisladores da UE chegaram a acordo para igualar o preço do carbono pago pelos produtos da UE que operam ao abrigo do ETS e o preço dos produtos importados. A taxa foi lançada em 1 de outubro de 2023. A fim de evitar a dupla proteção das indústrias da UE, a duração do período de transição e a plena introdução do mecanismo de gestão integrada das emissões serão associadas à eliminação progressiva das licenças de emissão a título gratuito ao abrigo do ETS.

^k Veja-se também Macedo et al. (2023) e Collares Pereira (2023). Para mais, de acordo com Elis et al. (2019, p. 14), a maioria dos estudos empíricos ex-post, com um ETS ainda fraco convém, no entanto, acrescentar, não encontra efeitos estatisticamente significativos da internalização das emissões de CO₂ (carbon pricing or energy prices) em diferentes

climática da UE não deve ser vista sob o prisma do dilema do prisioneiro, mas antes como uma estratégia industrial (veja-se Bongardt e Torres, 2024a). A inovação é parte integrante de um mercado competitivo e de uma economia de elevado valor acrescentado; e, como é salientado em Macedo et al. (2023) na contribuição para análise jurídico-económica da transição energética portuguesa, pode envolver mudanças graduais, mais ou menos significativas, mas também destruição criativa (à la Schumpeter). Em caso de inovação disruptiva, a tecnologia central (*core technology*) muda. É o caso do sector automóvel, onde a tecnologia central passou do motor de combustão para a propulsão elétrica, que é mais eficiente do ponto de vista energético. Nesta situação, os fabricantes de automóveis tradicionais podem sentir-se tentados (e pressionar os reguladores e decisores políticos) a prolongar o tempo disponível para a transição para não sacrificarem as suas receitas no curto prazo; isso significa atrasar em vez de liderar aquela mudança e não apostar na escala do mercado único europeu para criar vantagens estratégicas através da inovação (do produto e de infraestruturas). Na medida em que essa estratégia é acomodada pela UE, por pressão de alguns estados-membros, prejudica não só os consumidores e cidadãos europeus, mas também a competitividade do sector.¹

Para além dos instrumentos acima descritos, e embora o PEE tenha recorrido a uma forma de governação flexível — essencialmente inalterada — no âmbito do processo do Semestre Europeu, a legislação e regulamentação em matéria de clima e energia funcionam como uma forma de condicionabilidade às políticas e reformas a empreender pelos estados-membros. A Comissão pode rever todos os instrumentos políticos pertinentes, propondo, se necessário, a sua alteração, a fim de assegurar que todas as políticas da UE contribuem para o objetivo de zero emissões líquidas e que todos os sectores (da economia e sociedade) desempenham o seu papel. A Comissão

dimensões da competitividade.

¹ A visão míope de alguns sectores está diretamente relacionada com os incentivos errados na remuneração dos respetivos gestores.

Europeia tem o direito de formular recomendações aos estados-membros cujas ações sejam incompatíveis com o objetivo de neutralidade climática, as quais esses estados-membros terão de ter devidamente em conta ou em alternativa deverão explicar as razões que os levaram a não o fazer.

Knodt e Schoenefeld (2021), salientam que alcançar a meta dos 55 % em 2030 depende da capacidade da Comissão Europeia em fortalecer a *soft governance* face aos estados-membros, introduzindo novos elementos políticos, como por exemplo, a sua ligação com outras áreas onde existem sanções, ou através de efeitos “*naming and shaming*”, o que é especialmente importante para a transição energética (energias renováveis e eficiência energética).

Por último, o PEE ganhou a componente financeira suplementar que inicialmente lhe faltava. A resposta da UE à crise pandémica deu origem a fundos (substanciais) destinados a promover a transição verde no âmbito do Mecanismo de Recuperação e Resiliência (MRR), elemento central do Plano de Recuperação para a Europa, ou Próxima Geração UE (*NextGenerationEU* na sigla em língua inglesa, como é vulgarmente conhecido), ao mesmo tempo que fortaleceu os seus mecanismos de governação através da introdução da condicionalidade das reformas acima aludida. Acresce que o Plano de Recuperação para a Europa, embora criado como instituição temporária, será reembolsado através de novos recursos próprios da UE, sendo estes orientados para os bens públicos europeus (proteção ambiental e outros) e contribuindo para uma maior capacidade orçamental da União.^m Estes novos recursos, juntamente com outras dinâmicas a favor da sustentabilidade — em várias políticas ao nível europeu, mas também a nível nacional e local — vão permitir que a União reforce a sua política ambiental através de impostos europeus ou do mecanismo de ajuste de carbono na fronteira, CBAM (Bongardt, 2023; Schoenmaker, 2023; Torres, 2023). O PEE

^m Esta alteração reequilibra parcialmente a UEM, contribuindo para uma combinação de políticas mais eficiente. Sobre o papel dos bens públicos e a importância de uma maior capacidade orçamental na UEM/UE, veja-se Buti e Messori (2023).

vem, por isso, promover sinergias e bens públicos europeus, contribuindo assim para uma melhor e mais sustentável governação económica da UE.

4. AS DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO DO PEE E O PAPEL DAS POLÍTICAS NACIONAIS

Só uma avaliação da implementação do Plano de Recuperação para a Europa e dos vários planos de recuperação e resiliência nacionais nos permitirá aferir do sucesso da sua implementação pelos estados-membros e da consecução dos objetivos da transição energética.

A nível da União, o relatório de avaliação do Conselho Consultivo Científico Europeu sobre as Alterações Climáticas (*European Scientific Advisory Board on Climate Change*, 2024) insta à aplicação plena e rápida do *Fit-for-55* e à conclusão das iniciativas pendentes relativas ao PEE para colocar a UE na via da neutralidade climática.ⁿ A consecução da meta para 2030 depende criticamente da implementação de objetivos gerais a nível nacional, nomeadamente do Regulamento Partilha de Esforços, a que já nos referimos atrás, do Regulamento relativo ao uso do solo, à alteração do uso do solo e às florestas (LULUCF), da Diretiva Energias Renováveis (DER III) e da Diretiva Eficiência Energética, que devem ser internalizados pelos estados-membros nos seus planos nacionais atualizados em matéria de energia e clima (PNEC).

A segurança energética é um bem público da UE, mas a compatibilidade entre as preocupações em matéria de clima e de segurança energética continua a ser um desafio, agravado por restrições internacionais, nomeadamente um tratado obsoleto: o Tratado da Carta da Energia (TCE). A combinação de reservas de soberania sobre as fontes de energia nacionais com a adesão dos estados-membros ao TCE pode, na verdade, ter o efeito de atrasar os esforços climáticos dos países no domínio da energia. O TCE

ⁿ O relatório faz uma avaliação dos progressos realizados até agora na consecução dos objetivos climáticos da UE e identifica quatro tipos de lacunas ou incoerências: lacunas de política, lacunas de ambição, lacunas de execução e incoerências políticas e apresenta 13 recomendações fundamentais.

é um tratado juridicamente vinculativo assinado por 52 países, bem como pela UE, elaborado para promover a segurança energética através da proteção das empresas energéticas europeias com ativos de combustíveis fósseis em estados ex-soviéticos contra riscos para os seus investimentos ou comércio. Concede o direito de contestar os governos nacionais no caso de políticas que possam prejudicar os investimentos (em combustíveis fósseis, mas também em energia hídrica, solar, eólica e outras fontes de energia limpa). No entanto, à luz das evidências (e ameaça) de ações judiciais por parte das empresas através do mecanismo de resolução de litígios entre investidores e o(s) estado(s) em causa, os governos podem vir a atrasar as políticas de redução das emissões de gases com efeito de estufa. Até à data, a UE não conseguiu ter uma posição comum sobre o TCE. As preocupações climáticas (incompatibilidade do TCE com o Acordo de Paris sobre o Clima) levaram o Parlamento Europeu, em novembro de 2022, a apelar à Comissão Europeia para coordenar a saída de todos os estados-membros do TCE, ao qual a Comissão deu seguimento, em julho de 2023, propondo ao Conselho que a posição da UE deveria ser a saída (em vez de tentativa de modernização) do Tratado (Comissão Europeia, 2023). Ainda assim, após a retirada, aplica-se uma cláusula de caducidade de vinte anos.^o

Na UE, as reservas de soberania têm travado a política energética no que diz respeito às fontes de energia (cabazes energéticos dos estados-membros) e fiscalidade. No entanto, a atual crise de segurança e energia, desencadeada pela guerra da Rússia contra a Ucrânia, e as suas consequências conduziram, pelo menos inicialmente, a alguma convergência de preferências que permitiu um consenso mais alargado sobre a necessidade de sair mais rapidamente das fontes de energia fósseis e acelerar as energias renováveis (Bongardt e Torres, 2024a). Os países do grupo de Visegrado, Hungria, Polónia, República Checa e Eslováquia, atenuaram as suas críticas e resistência à política

^o Desde dezembro de 2023, 10 estados-membros da UE declararam que tencionavam retirar-se do TCE (Dinamarca, Países Baixos, Portugal, Eslovénia, Irlanda, Espanha, França, Alemanha, Polónia e Luxemburgo), tendo os últimos 4 apresentado notificações escritas de saída. Ver Parlamento Europeu (2023).

climática da UE, uma vez que a Comissão classificou o impulso para as energias renováveis, a eficiência energética e a redução das emissões como “política de segurança”. Na cimeira de Versalhes de março de 2022, os dirigentes da UE acordaram em eliminar progressivamente, mas o mais rapidamente possível, a dependência das importações russas de gás, petróleo e carvão. Na sequência da agressão da Rússia contra a Ucrânia, o MRR tornou-se o veículo escolhido pela UE também para reforçar a sua autonomia estratégica, diversificando o aprovisionamento energético e pondo fim à dependência da União de combustíveis fósseis russos importados. Em 2022, o plano *REPowerEU* forneceu subvenções adicionais, permitindo aos estados-membros acrescentar um novo capítulo aos seus planos nacionais de recuperação e resiliência para financiar investimentos e reformas fundamentais em consonância com os seus objetivos. O *REPowerEU* visa transformar estruturalmente o sistema energético da UE, poupando energia, diversificando o aprovisionamento, substituindo rapidamente os combustíveis fósseis acelerando a transição da Europa para as energias limpas e combinando de forma inteligente investimentos e reformas. Pretende acelerar a implantação das energias renováveis, aproveitando as suas propriedades ambientais (mais limpas), competitivas (mais baratas de produzir) e contribuindo para a segurança energética da UE (independentemente das políticas russas). Para acelerar a transição para as energias limpas e aumentar a eficiência energética, o *REPowerEU* inclui a revisão da Diretiva Energias Renováveis (REDII) para promover a utilização de energia proveniente de fontes renováveis, a Diretiva Eficiência Energética e a Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios. A Diretiva Eficiência Energética (2023) aumentou o nível de ambição da UE. Estabeleceu igualmente a “prioridade à eficiência energética” como um princípio fundamental da política energética da UE e conferiu-lhe legitimidade jurídica. A Diretiva Energias Renováveis (2023) elevou as metas da UE em matéria de energias renováveis de 22 % para 42,5 % até 2030, inclui metas para edifícios e procura acelerar os processos de autorização. A Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios está ainda a ser negociada a nível interinstitucional (Parlamento e Conselho).

Além disso, o agravamento da crise energética desde a publicação do plano *REPowerEU* desencadeou medidas adicionais, tanto do lado da oferta como da procura. Quanto a estes últimos, a UE tomou várias medidas para reduzir a procura de gás e eletricidade — o que constitui a via mais adequada de atuação — e interveio nos mercados da energia para fazer face ao impacto da crise nos consumidores da UE, criando algumas distorções e incentivos errados. Quanto ao risco de segurança do aprovisionamento (entre outros, a Rússia suspendeu o fornecimento de gás em setembro de 2022), os líderes da UE acordaram num mandato para acelerar a simplificação dos procedimentos de licenciamento de projetos de energias renováveis, o que aumenta o risco de aprovações apressadas para acesso a fundos que acabem por consagrar resultados contrários aos desejados. Também no caso do *REPowerEU*, só uma avaliação da sua implementação nos permitirá saber da sua correta implementação pelos estados-membros, havendo o risco, e infelizmente também vários indícios, da sua utilização para fins contrários aos objetivos da sustentabilidade ambiental.

Com a atual crise de segurança e energia, desencadeada pela guerra da Rússia contra a Ucrânia, em 2022, a segurança do aprovisionamento energético tornou-se uma preocupação fundamental da União e dos seus estados-membros. Os governos nacionais investiram em infraestruturas de combustíveis fósseis, reabrindo (ou prolongando o funcionamento das) centrais a carvão e construindo terminais de gás natural liquefeito, o que desde logo aumenta e pode fazer perdurar a utilização de combustíveis intensivos em carbono.^P Além disso, a concessão de subsídios aos preços da energia pelos vários governos nacionais não só contribui para défices públicos mais elevados, como também mascara os sinais de preços dados pelas alterações nos preços relativos, que são, no entanto, necessários para incentivar um menor consumo de combustíveis fósseis, mudanças comportamen-

^P Sobre o impacto das crises e fragmentação geoeconómica na trajetória de descarbonização necessária para cumprir os objetivos do Acordo de Paris veja-se Gardes-Landolfini et al. (2023).

tais e um maior investimento em tecnologias verdes.

Daqui resulta que os governos nacionais deveriam corrigir os incentivos errados dados por estas políticas e internalizar os efeitos negativos do carbono de forma mais eficaz, o que aliás se torna mais fácil à medida que a pressão sobre os preços dos combustíveis fósseis diminui, como salientado por Heemskerk *et al.* (2022), o que não têm feito na medida necessária por razões do ciclo político-eleitoral. A internalização dos efeitos negativos do carbono (incentivos adequados à transição energética) ofereceria aos governos receitas para apoiar os investimentos verdes necessários. Com efeito, a redução dos subsídios contraproducentes é, por si só, vantajosa. A subsidiação dos combustíveis fósseis, como muitos governos da UE têm vindo a fazer, conduz ao consumo excessivo e ao aquecimento global, prolongando padrões de consumo e produção não sustentáveis e agravando o aquecimento global (Gaspar e Amaglobeli, 2023). Os efeitos de todas estas ações erradas dificultam a transição verde quando o que é necessário é uma intensificação desse processo a fim de reduzir os custos dessa mesma transição e ajudar a assegurar a estabilidade dos preços a longo prazo.

Com o evoluir da crise de segurança e energia, vários sectores — entre os quais a indústria automóvel e energética alemã, o sector nuclear francês e os sectores agroindustriais destes e de outros estados-membros, todos fortemente subsidiados — utilizaram o argumento da escassez de energia e do aumento dos preços, para o qual contribuíram, como uma oportunidade para contestar a transição energética ou pelo menos tentar desacelerá-la. Evidentemente, a implementação dos objetivos da transição energética e climática é complexa, uma vez que envolve toda uma agenda legislativa para rever todas políticas da UE, a fim de garantir a sua necessária conformidade com os primeiros. Alguns governos nacionais têm apoiado as reivindicações daqueles sectores, pondo em risco a consecução de metas e calendários.

Analisemos um pouco mais de perto alguns exemplos recentes que ilustram comportamentos incoerentes por parte dos estados-membros. A taxonomia da sustentabilidade (*Green Finance Taxonomy*)

da UE para orientar os investimentos no sentido da sustentabilidade, adotada através de um ato delegado, foi seriamente desnaturada quando o gás e a energia nuclear foram destacados e sujeitos a um regulamento delegado complementar de taxonomia climática, no qual foram classificados como «verdes» na transição (impulsionados pelos interesses particulares da Alemanha no gás e da França no sector nuclear). Depois de nem o Conselho nem o Parlamento Europeu (por maioria absoluta) terem levantado objeções ao ato delegado relativo à taxonomia, este entrou em vigor em 1 de janeiro de 2023. O novo regulamento da UE classifica o gás e a energia nuclear, com elevadas emissões de gases fósseis e resíduos radioativos, como “verdes”, o que é a negação da sustentabilidade e constitui um incentivo para que se abandonem as energias renováveis genuinamente sustentáveis, como a energia eólica e solar. A decisão foi contestada por ONG’s e estados-membros da UE como “*greenwashing*”. Em 7 de outubro de 2022, o governo austríaco apresentou um pedido de anulação ao TJUE, contestando o conteúdo e o procedimento de adoção.

Em dezembro de 2022, o governo alemão estabeleceu um precedente perigoso ao suspender o seu acordo final sobre o fim já acordado (também repetidamente pela Alemanha) do motor de combustão até 2035. Não justificada por razões de eficiência e em nome de uma vitória simbólica de um partido específico na coligação governamental, o governo alemão dispôs-se a minar a confiança na fiabilidade política do país e no processo de decisão política da UE. Em junho de 2023, a França seguiu o exemplo alemão, ameaçando com um bloqueio de última hora à aprovação da diretiva de energias renováveis revista da UE, se o hidrogénio proveniente de fontes nucleares não fosse considerado renovável. A Comissão Europeia foi forçada a apresentar uma declaração adicional reconhecendo o papel da energia nuclear, que a Alemanha também acabou por apoiar. Em ambos os casos o processo legislativo ordinário da UE foi tornado refém dos interesses particulares de alguns sectores/governos,

configurando um profundo desrespeito pelos restantes estados-membros e pelo processo de decisão europeia, que pressupõe o respeito pelos compromissos assumidos ao longo do mesmo.[¶]

O “conluio” entre vários estados-membros levou também a um grave enfraquecimento da Estratégia de Biodiversidade da UE, um elemento importante do PEE, que apelava a metas vinculativas para restaurar ecossistemas degradados (*Financial Times*, 2023). Mesmo a versão alterada (enfraquecida) da lei foi rejeitada pela Comissão do Ambiente do Parlamento Europeu.[‡] Por razões eleitorais, mas também em nome da resistência à alteração de um *modus vivendi* e de padrões de produção insustentáveis (sectores automóvel, nuclear, agroindustrial, etc.), vários estados-membros e partidos políticos europeus do arco da governação contestam cada vez mais o PEE, recentemente por alegadas razões de regulamentação excessiva que dificultaria um maior e mais rápido crescimento (obviamente não sustentável). Também em nome da resistência à alteração de padrões de consumo insustentáveis (viagens, turismo, subsídio de vários outros sectores, etc.) por alegadas razões sociais, como se essas atividades fossem atividades próprias das classes de rendimentos mais baixos, governos, partidos políticos e organizações várias contestam a transição energética. Estes dois tipos de razões ignoram a necessidade de internalizar externalidades negativas para a sociedade da produção e consumo de certos bens e serviços e o princípio do

[¶] Em janeiro de 2024, o mesmo partido alemão, o FDP, ameaçou outra vez forçar o governo a não apoiar a diretiva relativa ao dever de diligência das empresas em matéria de sustentabilidade (*Corporate Sustainability Due Diligence Directive*) relativamente à qual o Parlamento e Conselho chegaram a um acordo, em dezembro de 2023. Já em fevereiro de 2024, o governo alemão ameaçou bloquear, novamente à última hora, a meta da UE de redução de emissões em 90 % até 2040 para veículos pesados. O bloqueio só foi retirado em troca de uma cláusula para combustíveis sintéticos (*Euractiv*, 2024).

[‡] Assinalando uma nova evolução na política da UE, a maioria dos eurodeputados do PE parece ter-se voltado contra um pilar crucial do PEE. Ainda assim, na votação em plenário de 12 de julho de 2023, os eurodeputados não seguiram a disciplina partidária e aprovaram a lei ainda que enfraquecida. O interesse europeu terá ainda prevalecido sobre a política partidária.

poluidor pagador. Não se podem por isso, classificar como razões de eficiência económica ou justiça social. Mesmo havendo grupos mais afetados pela necessidade de uma aceleração da transição energética e da mitigação climática — atrasadas durante décadas por vários sectores e governos nacionais e acarretando por isso custos muito mais elevados no presente —, existem mecanismos próprios (de distribuição) e capacidade (eliminando os subsídios aos combustíveis fósseis) para os compensar.

Embora uma convergência inicial de preferências tenha tornado possível a transição energética e mitigação climática, a revisão de todos os domínios de intervenção em consonância com os objetivos e uma trajetória conducente está a revelar-se um desafio de difícil concretização, sobretudo porque as políticas e ações dos estados-membros não são coerentes com os objetivos políticos a longo prazo que subscreveram. A persistência de avultados subsídios (impostos negativos) nocivos ao meio ambiente a nível nacional é disso exemplo.^s

A favor da transição energética e mitigação climática, as instituições da UE, nomeadamente a Comissão Europeia e o Banco Central Europeu (BCE)^t, e algumas instituições nacionais e internacionais, bem como uma parte da sociedade civil, têm respondido ao desafio através da adaptação de regras e políticas e comportamentos e pedagogia. Esses contributos terão um efeito positivo a longo prazo, exercendo pressão sobre os governos e os partidos políticos para que implementem as políticas necessárias

^s Para a Alemanha, a agência alemã do ambiente (*Umweltbundesamt*, 2022) aponta para 25.374 milhões de euros, em 2018, para o sector da energia (produção e consumo). Na UE, os subsídios aos combustíveis fósseis passaram de 56 mil milhões (2015–2021) para 123 mil milhões de euros, em 2022, a maioria dos quais em França, Alemanha e Itália (Agência Europeia do Ambiente, 2023).

^t A internalização da necessidade de contribuir para reduzir os custos da transição verde e ajudar a assegurar a estabilidade de preços a longo prazo, passou a fazer parte dos principais objetivos estratégicos do BCE (BCE, 2021; Schnabel, 2022 e 2023).

à transição energética. No entanto, também dependem do quadro regulamentar mais amplo da UE, para o qual é necessária a aprovação dos estados-membros.

Jovens ativistas continuam a lutar pelo seu direito a ter um futuro e pelo direito de todos a uma vida digna, manifestando-se pacificamente.^u Também decisões judiciais recentes, por exemplo, pelo Supremo Tribunal dos Países Baixos (2019), pelo Tribunal Administrativo de Paris (2021), pelo Tribunal Administrativo Superior de Berlim-Brandeburgo (2023), pelo Tribunal de Primeira Instância de Bruxelas (2021) e pelo Tribunal Constitucional Alemão (2021), confirmaram a necessidade de proteger os direitos dos cidadãos face às alterações climáticas. No caso mais recente na Alemanha, em Berlim-Brandeburgo, duas ONG ambientais alemãs (*Umwelthilfe* e *BUND*) intentaram uma ação judicial contra o Governo alemão por incumprimento da lei climática alemã. O tribunal decidiu que o Governo alemão tinha de apresentar programas de ação imediatos para cumprir os objetivos de redução das emissões no sector dos transportes e da construção. Indo além das jurisdições nacionais, um grupo de jovens portugueses apresentou um processo no Tribunal Europeu dos Direitos do Homem (2023) contra 33 estados por incumprimento das suas obrigações de agir sobre as alterações climáticas.^v

5. CONCLUSÃO

A UE adotou como objetivo alcançar zero emissões líquidas de gases com efeito de estufa no seu conjunto até 2050, dissociando o crescimento económico da utilização de recursos e obrigando à redução das emissões, ao investimento em tecnologias verdes e à proteção do ambiente natural. Aquele objetivo comporta uma abordagem holística de sustentabilidade para todas as políticas. No entanto, ele aplica-se coletivamente à União e

^u Vide n.º 1 do Artigo 66.º da Constituição da República Portuguesa: “*Todos têm direito a um ambiente de vida humano, sadio e ecologicamente equilibrado e o dever de o defender*”.

^v Ver decisão de não admissibilidade pelo TEDH de abril de 2024 em <https://www.echr.coe.int/w/grand-chamber-rulings-in-the-climate-change-cases>.

não individualmente a cada estado-membro. As políticas nacionais mantêm, por isso, uma importância crucial na transição energética. Para mais, o Pacto Ecológico Europeu não se materializou com uma alteração dos tratados nem com novas competências para a União, pelo que o desafio coletivo da União como um todo, mas também dos estados-membros que a integram individualmente, consiste em conciliar os objetivos de longo prazo com políticas e ações coerentes no curto prazo, tendo em vista a integração das questões climáticas e ambientais nas várias políticas europeias e nacionais.

A estrutura de governação europeia e fatores de economia política têm moldado a transição energética da UE. O alargamento do ETS a mais domínios e, mais recentemente, a criação de um ETS 2 são disso exemplo. Com este instrumento, tem havido uma crescente centralização da política ambiental da UE, promovendo a eficiência económica, mas também a sua implementação. O ETS é um instrumento de mercado, à semelhança de impostos ambientais (imposto Pigou), com as mesmas propriedades de eficiência e efeitos dinâmicos na inovação. Não incidindo sobre o preço, mas sobre a quantidade (e daí, indiretamente sobre o preço), não é qualificado como um imposto e por isso não está sujeito à votação por unanimidade no Conselho, mas ao processo legislativo ordinário. A expansão do ETS vem de certa forma ao encontro da necessidade de colmatar o problema dos bloqueios à fiscalidade verde em sede do Conselho Europeu como verificado no âmbito da tributação da energia (revisão da Diretiva Tributação da Energia).

Por outro lado, a Comissão Europeia tem sido criativa no sentido de fortalecer os seus poderes de *soft governance* relativamente à implementação por parte dos estados-membros, nomeadamente em matéria de união energética.

A revisão de todos os domínios de intervenção em consonância com os objetivos e uma trajetória compatível com transição energética e mitigação climática está, no entanto, a revelar-se um desafio de concretização atribulada, sobretudo porque as políticas e ações dos estados-membros se têm desviado dos objetivos políticos de médio e longo prazo que subscreveram,

pondo em causa a implementação da transição energética. Como salientado no recente relatório de avaliação do Conselho Consultivo Científico Europeu sobre as Alterações Climáticas (*European Scientific Advisory Board on Climate Change*, 2024), os governos nacionais têm de fazer mais no que toca à aplicação plena e rápida do *Fit-for-55*, desde logo integrando mais rapidamente a regulação europeia na legislação nacional e nos seus planos nacionais atualizados em matéria de energia e clima e adotando medidas a favor da sustentabilidade em sectores como a construção, transportes e agricultura e silvicultura.

No entanto, a simplificação dos procedimentos de licenciamento de projetos de energias renováveis, deve evitar aprovações apressadas para acesso a fundos que acabem por consagrar resultados contrários aos desejados. Acresce que os estados-membros devem igualmente eliminar os muitos subsídios contraproducentes, a combustíveis fósseis e outros, sendo que a internalização dos efeitos negativos do carbono oferece aos governos receitas para apoiar os investimentos verdes necessários e permite atuar sobre a distribuição dos custos da transição a favor dos cidadãos de mais baixos rendimentos e para os quais é mais difícil adaptar comportamentos e não dos agentes económicos que mais poluem e protestam.

REFERÊNCIAS

- Agência Europeia do Ambiente (2023), “Fossil Fuel Subsidies”, 17 de novembro.
- Banco Central Europeu (2021), “The ECB’s monetary policy strategy statement”, 8 de julho.
- Bloomfield, Jon e Fred Steward (2020), “The Politics of the Green New Deal”, *Political Quarterly*, 91, 4, 770-779.
- Bongardt, Annette (2023), “EU trade policy and climate change”, capítulo 8 in A. Bongardt and F. Torres (eds), *The Political Economy of Europe’s Future and Identity: Integration in Crisis Mode*, Florença: EUI Press e Lisboa: UCP Press, 94-106.
- Bongardt, Annette e Francisco Torres (2020), “The Lisbon Strategy and Europe 2020”, *Oxford Research Encyclopedia of Politics*, Oxford: Oxford University Press.

- Bongardt, Annette e Francisco Torres (2022), “The European Green Deal: More than an Exit Strategy to the Pandemic Crisis, a Building Block of a Sustainable European Economic Model”, *JCMS: Journal of Common Market Studies*, vol. 60(1), 170-185.
- Bongardt, Annette e Francisco Torres (2024a), *Lessons on the Political Economy of European Integration – Selected Topics*, Lisboa: UCP Press, 2nd edition.
- Bongardt, Annette e Francisco Torres (2024b), “O Pacto Ecológico Europeu no Contexto das Crises Climática, Pandémica e de Segurança”, *International Journal of Philosophy and Social Values*, 3(3).
- Buti, Marco e Marcello Messori (2023), “The Role of European Public Goods in a Central Fiscal Capacity”, capítulo 24 in A. Bongardt e F. Torres (eds), *The Political Economy of Europe’s Future and Identity: Integration in Crisis Mode*, Florença: EUI Press e Lisboa: UCP Press, 267-274.
- CAN Europe (2022), “Climate Laws in Europe. Essential for achieving climate neutrality”, maio.
- Collares Pereira, Manuel (2023), *A Descarbonização da Economia, a Energia e o Futuro*, eBook, Lisboa: Vanguard.
- Comissão Europeia (2019), “The European Green Deal”, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2019) 640 final, Bruxelas, 11 de dezembro.
- Comissão Europeia (2020), “Tackling pollution and climate change in Europe will improve health and well-being, especially for the most vulnerable”, Press corner, 8 de setembro.
- Comissão Europeia (2021), “Fit for 55: Delivering the EU’s 2030 climate target on the way to climate neutrality”, COM(2021) 550 final.
- Comissão Europeia (2023), “Proposta de Decisão do Conselho sobre a retirada da União do Tratado da Carta da Energia” COM(2023) 447 final, 7 de julho.
- Dasgupta, Partha (2007) *Economics. A Very Short Introduction*, Oxford: Oxford University Press.
- Dasgupta, Partha (2021), *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*, HM Treasury, London.
- Euractiv (2024), “Blockade lifted: Germany gives way on EU’s 2040 truck CO2 rules”, 9 de fevereiro.
- European Scientific Advisory Board on Climate Change (2024), *Towards EU climate neutrality: progress, policy gaps and opportunities, Assessment Report*, Copenhaga.

- Financial Times (2023), “EU States back nuclear energy while diluting biodiversity reforms”, 16 de junho.
- Garcia, Maria da Glória (2024), “Análise jurídico-económica da transição energética”, apresentação na Academia das Ciências de Lisboa, 16 de janeiro.
- Gardes-Landolfini, Charlotte, Pierpaolo Grippa William Oman and Sha Yu (2023), “Energy Transition and Geoeconomic Fragmentation – Implications for Climate Scenario Design”, IMF Staff Climate Note, 003, novembro.
- Gaspar, Vitor e David Amaglobeli (2023), “Europe in the World circa 2030”, capítulo 2 in A. Bongardt and F. Torres (eds), *New Globalization Challenges and EU Trade Policy*, Coimbra: Almedina, 41-61.
- Ellis, Jane, Daniel Nachtigall e Frank Venmans (2019), “Carbon Pricing and Competitiveness: Are they at Odds?”, Environment Working Paper No. 152, Organisation for Economic Co-operation and Development, Environment Directorate, 13 de novembro.
- Heemskerk, Irene, Carolin Nerlich e Miles Parker (2022), “Turning down the heat: how the green transition supports price stability”, ECB blog, 9 de novembro.
- International Energy Agency (2023), *Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer*, Paris: IEA, 2 de agosto.
- Knodt, Michèle e Jonas Schoenefeld (2021), “How “harder soft governance” might help deliver the EU’s new 55 per cent emissions reduction target”, LSE EUROPP blog, 27 de janeiro.
- Macedo, Jorge Braga de, Miguel Rocha de Sousa, António Goucha Soares, Alfredo Marvão Pereira, Rui Pereira, José Belbute (2023), “Análise jurídico-económica da transição energética”, Academia das Ciências de Lisboa, 1 de junho.
- Mongelli, Francesco (2023), “The financing of the green energy transition”, capítulo 9 in A. Bongardt and F. Torres (eds), *The Political Economy of Europe’s Future and Identity: Integration in Crisis Mode*, Florença: EUI Press e Lisboa: UCP Press, 76-93.
- Nações Unidas (2023), “COP28 agreement signals “Beginning of the End” of Fossil Fuel Era”, UN Climate Press Release, 13 de dezembro.
- Parlamento Europeu (2023), “EU withdrawal from the Energy Charter Treaty”, Think Tank Briefing, 4 de dezembro.
- Schnabel, Isabel (2022), “A new age of energy inflation: climateflation, fossilflation and greenflation”, discurso na conferência ‘the ECB and its Watchers XXII’, Francoforte, 17 de março.
- Schnabel, Isabel (2023), “Monetary policy tightening and the green transition”,

- discurso no Simpósio Internacional sobre 'A Independência dos Bancos Centrais', Sveriges Riksbank, Estocolmo, 10 de janeiro.
- Schoenmaker, Dirk (2023), "The Green Deal – futureproofing Europe", capítulo 6 in A. Bongardt and F. Torres (eds), *The Political Economy of Europe's Future and Identity: Integration in Crisis Mode*, Florença: EUI Press e Lisboa: UCP Press, 65-75.
- Supremo Tribunal dos Países Baixos (2019), "Climate case Urgenda", 20 de dezembro.
- Tocci, Nathalie (2022), *A Green and Global Europe*, Cambridge: Polity Press.
- Torres, Francisco (2023), "The European Green Deal at the core of the EU's and EMU's sustainability", capítulo 9 in A. Bongardt and F. Torres (eds), *The Political Economy of Europe's Future and Identity: Integration in Crisis Mode*, Florença: EUI Press e Lisboa: UCP Press, 107-122.
- Tribunal Administrativo de Paris (2021), "The Case of the Century", 3 de fevereiro.
- Tribunal Administrativo Superior de Berlim-Brandeburgo (2023), "Klagen der DUH und des BUND auf Sofortprogramm für die Sektoren Gebäude und Verkehr erfolgreich - 25/23", Pressemitteilung, 30 de novembro.
- Tribunal de Primeira Instância de Bruxelas (2021), "Klimaatzaak", 17 de junho.
- Tribunal Constitucional Alemão (2021), "Constitutional complaints against the Federal Climate Change Act partially successful", 29 de abril.
- Tribunal Europeu dos Direitos do Homem (2023), "Grand Chamber hearing in the case of Duarte Agostinho and Others v. Portugal and 32 Others", ECHR 269 – Press Release, 27 setembro.
- Umweltbundesamt (2022), Environmentally harmful subsidies in Germany – Update 2021, 117/2022, Dessau-Roßlau, novembro.
- Wolf, Sarah, Jonas Teitge, Jahel Mielke, Franziska Schütze e Carlo Jaeger (2021), "The European Green Deal — more than climate neutrality", *Inter-economics* 56: 2, 99-107.

Transição energética e direito da política pública da energia

MARIA DA GLÓRIA F. P. D. GARCIA^a

1. O PASSADO E A NECESSIDADE DE GARANTIR O “NOSSO FUTURO COMUM”

A percepção de que os seres vivos se regeneram (*princípio da regeneração infinita dos seres vivos*) fez parte das diferentes civilizações que habitaram o planeta Terra. Estas desenvolveram-se, extinguíram-se, renovaram-se, diversificaram-se, alheias aos efeitos que as ações humanas produziam ou pudessem vir a produzir na sustentabilidade da vida. Não admira que não tenham construído *pensamento de cuidado* em seu redor. É certo que Diógenes de Sinopse (século V a.C.) se rebelou filosoficamente contra o modo de vida social da época e viveu de acordo com a natureza, sem a afetar, e S. Francisco de Assis (séculos XII/XIII) gerou um movimento de estreita e amorosa ligação dos homens com os animais e as plantas. Porém, em nenhum momento a sociedade sentiu necessidade de proteger o ambiente por o sentir e se sentir em perigo.

Só na segunda metade do século XX, a ciência evidenciou que a civilização sua contemporânea pode produzir (e, no concreto, produz) efeitos nefastos na envolvente ambiental e climática, o que determina que se *avalie o risco* do desenvolvimento económico e tecnológico para a sustentabilidade da vida no planeta e se atue em conformidade com

^a Académica efetiva (5L). O presente trabalho beneficiou de conversa longa com a Juíza-Conselheira do Supremo Tribunal Administrativo, Suzana Tavares da Silva, autora da obra *Um novo Direito Administrativo?* (2010), bem como da obra *Direito da Energia* (2011), a quem, além do mais, se agradece a disponibilidade.

essa avaliação.

Recorda-se que a palavra “risco” começa a ser usada na linguagem comum nos séculos XVI e XVII, ligada às viagens marítimas portuguesas e à partida para o mar desconhecido.^b E regista-se este facto porque o uso da palavra “risco” surgiu com o que se desconhece e põe em perigo a vida humana. Mas a expressão “sociedade de risco” só aparece com Ulrich Beck, em obra com esse nome, publicada no ano em que ocorreu o desastre do reator nuclear de Chernobyl (1986)^c, que espelhou o risco da ação humana para o ambiente, para o qual, a nível mundial, a Conferência de Estocolmo, organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 1972, e em que Portugal se fez representar, já alertara. Neste contexto, a palavra “sustentabilidade”, que significa conservar, mas também *cuidado*, passou a tomar conta do quotidiano, a partir do Relatório Brundtland (1987), sugestivamente designado “*O nosso futuro comum*”. Por sua vez, entende-se hoje ser a sustentabilidade impossível se o desenvolvimento económico mantiver a sua dependência da *energia de origem fóssil* (carvão, petróleo e gás natural).

E concluímos. *Energia de origem fóssil, sustentabilidade, risco, cuidado* são palavras que entraram na linguagem corrente, correspondendo a sinais do tempo que vivemos e cujo conteúdo exige reflexão conjunta, alargada, aprofundada, interligada, bem como construção de pensamento crítico, desde logo ético, científico, técnico, económico, político, jurídico, capaz de doravante suportar as respostas da ação humana, a nível global, em conformidade com a situação.

2. TRANSIÇÃO ENERGÉTICA, SOCIEDADE DO CUIDADO, ÉTICA DA RESPONSABILIDADE E DIREITO

Na *Era do Antropocénico* estão, pois, a ocorrer afetações múltiplas do

^b Para o sociólogo inglês Anthony Giddens, a palavra terá chegado à língua inglesa através do português ou do espanhol, com o sentido da insegurança que resulta de se navegar por mares desconhecidos. *O mundo na era da globalização*, Editorial Presença, 2006, p. 32.

^c O sociólogo alemão Ulrich Beck caracterizou como “*sociedade de risco*” a sociedade sua contemporânea. *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*, suhrkamp, 1986.

ambiente, que a diminuição da biodiversidade evidencia, e do clima, de que o aquecimento global é exemplo, por sua vez, com impactos nas pessoas, nos ecossistemas, na economia..., e há evidências científicas de que essas afetações e impactos são, em parte, resultado da ação humana, particularmente a que utiliza produtos energéticos (*energy commodities*) de origem fóssil, o principal suporte das *economias tecnológicas e de bem-estar das sociedades desenvolvidas*.^d

Não admira que apareçam movimentos catastrofistas, impondo o retrocesso tecnológico^e, trazendo à lembrança, com as idiossincrasias que os caracterizam, Diógenes de Sinopse ou S. Francisco de Assis. No extremo oposto, surgem movimentos que negam a ciência e as suas evidências, defendendo a evolução económica de base tecnológica sem restrições. Entre um movimento e o outro, encontra-se o que defende a transição energética, a realizar no âmbito de uma sociedade que atua responsavelmente.

Consciente do *risco* para a *sustentabilidade* do desenvolvimento que a sociedade tecnológica e de bem-estar económico acarreta, a *transição energética* consiste em, progressivamente, substituir a energia fóssil por *fontes renováveis de energia*, isto é, fontes que aproveitam recursos naturais inesgotáveis, como o sol, o vento, a água^f. Simultaneamente, a transição energética conduz à alteração da geoestratégia a nível mundial, tornando as economias que não possuem fontes de energia fóssil menos dependentes do exterior. Além disso, a *transição energética* apela à criatividade e a indústrias inovadoras, que desenvolvam programas de mobilidade sustentável, que promovam a transformação da vida nas cidades, tornando-as *smart cities*, que incentivem projetos de educação para a sustentabilidade... a fim de tornar mais eficiente o uso da energia.

Acresce ser a transição energética uma componente essencial da

^d Além disso, os produtos de origem fóssil existem em quantidade limitada no planeta.

^e James Howard Kunstler, *O fim do petróleo. O grande desafio do século XXI*, ed. Bizâncio, 2006.

^f A energia nuclear encontra-se envolta em múltiplas controvérsias, razão pela qual não é considerada no presente texto.

sociedade do cuidado, porquanto indispensável à *sustentabilidade*. O desenvolvimento económico, antes orientado pela *ética do bem-estar*, fundada na liberdade, dá lugar à *ética da responsabilidade*, a comportamentos de *cuidado* em relação às fontes de energia, o que, por sua vez, tende a garantir o *direito humano à qualidade de vida*.

Mas mais. Sendo o clima uma realidade planetária, sem fronteiras físicas nem políticas — Rachel Carson^g, nos idos de sessenta do século passado, afirmava “*in nature, nothing exists alone*” e “*everything depends on everything*” —, os comportamentos humanos de cuidado, para produzirem efeitos, não se podem circunscrever a esta ou aquela sociedade, neste ou naquele local. Devem estar presentes em todas as sociedades, sem que tal signifique terem as sociedades iguais responsabilidades.

Embora, como ensina Hans Jonas^h, se o homem, entre o “*ser*” e o “*nada*”, optar pelo “*ser*”, tenha de agir de modo responsável — o que implicaria deverem *todas as sociedades ser responsáveis pelo futuro*ⁱ —, a verdade é que não é justo que as sociedades tenham responsabilidades iguais na transição energética, porque o estágio de desenvolvimento económico e tecnológico, e conseqüente uso, abundante ou escasso, de energia fóssil, é diferente. O *princípio jurídico do igual dever de cuidado, mas responsabilidades distintas* nasce neste contexto, no âmbito da procura internacional de consensos entre Estados — *direito internacional público*.^j

A *Cimeira do Clima (COP28)*, realizada no Dubai^k, que reuniu representantes dos Estados-membros da *Convenção-Quadro das Nações Unidas para as*

^g Ver a obra emblemática desta bióloga marinha, também jornalista, *Silent Spring*, 1962.

^h Filósofo alemão, Hans Jonas, escreveu a obra fundamental *Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*, 1979.

ⁱ Filósofo belga, Jean Ladrière, ensina ser a responsabilidade pelo futuro um apelo à ação e não a culpabilização por conduta passada. *L'éthique dans l'univers de la rationalité*, ed. Catalyses, Québec, 1997.

^j Como, aliás, mais amplamente acontece, desde a Conferência de Estocolmo (1972), relativamente à questão ambiental.

^k A COP28 decorreu no período de 30 de novembro a 13 de dezembro de 2023.

Alterações Climáticas^l, foi mais um esforço para enfrentar a crise climática, que se veio juntar à do ambiente. Aprovado em plenário, por consenso, e, logo, por países ricos em petróleo como a Arábia Saudita, o *Acordo de Dubai* prevê que a *transição energética* decorra “de forma ordenada e equitativa”, i.e., tendo presente as economias altamente industrializadas, como a União Europeia^m, bem como as dos Estados em desenvolvimento e muito vulneráveis às alterações climáticas, a fim de atingir “zero de emissões líquidas até 2050, de acordo com a ciência”. O princípio do igual dever de cuidado e responsabilidades distintas ficou explícito no referido Acordo, que se espera seja cumprido por cada um dos Estados representados na Cimeira, através da definição, em função das respetivas culturas e sistemas jurídicos, da normatividade ajustada às políticas públicas que, de forma articulada, conduzam ao abandono dos combustíveis fósseis.

Na *sociedade do cuidado*ⁿ, fundada na *responsabilidade pelo futuro*, o direito gerado em acordos internacionais alargados surge como realidade *top down*, essencial aos objetivos da *transição energética*, a exigir uma normatividade adequada nos planos estadual e regional.

Tenha-se também presente a *ação das organizações internacionais*, nomeadamente da ONU, enquanto compromete e incentiva os Estados e as entidades públicas e privadas a agir, traçando políticas e aprovando normas ajustadas à complexidade das situações sobre que importa agir. A *Agenda 2030*, aprovada em setembro de 2017, em Nova York, pelos 193 Estados que integram a ONU, exemplifica o que se afirma, enquanto define um plano global de ação contendo 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável* (ODS),

^l Estiveram representados na COP28 cerca de 200 Estados.

^m Antes do início da COP28, e tendo em vista forçar os Estados nela representados a ter ambição no cumprimento das metas da descarbonização, a União Europeia anunciou ter aprovado os dois normativos que faltavam para completar o pacote de iniciativas conhecido por *Fit for 55* ou *Objetivo 55*, aprovado em julho de 2021. Ver infra.

ⁿ Sobre a matéria, *A Sociedade do Cuidado*, coordenação de Fernando Ilharco, Coleção Povos e Culturas, Universidade Católica Editora, 2021. Sob uma perspetiva política, sem usar a expressão “sociedade do cuidado”, mas acentuando a responsabilidade do cidadão pela vida numa sociedade justa, Maria da Glória F. P. D. Garcia, *Estado de Direito e Violência*, Academia Internacional da Cultura Portuguesa, Boletim n.º 49, 2022, pp. 91 e ss.

nos quais estão patentes objetivos e metas a atingir até 2030, relativos aos direitos humanos, mas ainda ao ambiente, alterações climáticas, energia (ODS 7, 12, 13, 15...).

Em suma, suportada em *evidências científicas* e dirigida a uma realidade sem fronteiras, incerta, complexa e em evolução, a *transição energética* tende a realizar-se, nos Estados de Direito, de acordo com uma *normatividade programática, gestonária*, enformada por princípios jurídicos fundamentais.

3. RECURSOS DE ORIGEM FÓSSIL, ECONOMIA E A GARANTIA DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS

Mas, para dar um passo em frente, importa recuar um pouco para compreender a envolvente que determina a *transição energética*.

No século XIX, no início da industrialização, quando os recursos de origem fóssil começaram a ser usados, a sua localização geográfica exigiu estratégias políticas entre os Estados, para garantir o respetivo abastecimento. Falamos de *geopolítica* e de *geoestratégia* funcionalizadas pelo desenvolvimento económico.

Ainda longe das crises ambiental e climática e num quadro de perceção de abundância de recursos fósseis, o abastecimento solvia-se nas *relações de política internacional* entre, de um lado, os Estados que possuíam reservatórios de recursos cuja extração, sendo tecnologicamente viável, tinha um custo acessível, e, de outro, os Estados que, não tendo tais recursos, deles necessitavam para o seu desenvolvimento económico e tecnológico e dispunham de verbas para os pagar, com a garantia de que chegavam ao destino. A *geologia* cruzava-se com a *política* e as *exigências da economia*, por sua vez orientadas pela ética do bem-estar, assente na *liberdade individual*.

No plano jurídico, e num primeiro momento, o *direito das minas* toma terreno, em razão da extração do carvão (primeira metade do século XIX). Nos finais do século XIX, quando o petróleo se começa a impor como recurso energético, ganha força o *direito dos contratos*, de contornos *internacionais*, com os Estados do Médio Oriente a adquirir peso político perante os Estados

Ocidentais, em razão das jazidas de petróleo que possuem. A *Organização dos Países Exportadores de Petróleo* (OPEP)^o, com o objetivo de, por um lado, melhorar a produção e a exportação do petróleo e, por outro, controlar o seu preço, particularmente em períodos de crise, prova a importância do petróleo no desenvolvimento económico e tecnológico dos Estados.^p Quanto ao *gás natural*, outro recurso de origem fóssil, extraído maioritariamente nos Estados Unidos, Rússia, Irão e China, não se afasta da evolução do enquadramento jurídico do petróleo.

Acresce que a escassez dos recursos fósseis, anunciada em 1972 num estudo do MIT^q, contrariada pela descoberta de novas jazidas em outras partes do globo (América Latina e África) e por novas técnicas de exploração (*deep offshore*)^r, mas, fundamentalmente, as evidências científicas de que as alterações ambientais e climáticas são consequência do uso em grande escala da energia de fonte fóssil, obrigaram os Estados, na viragem do século XX para o XXI, a encarar a substituição desta fonte de energia por outras fontes de energia, concretamente as renováveis (eólica, hídrica, solar, geotérmica...). Um olhar que é acompanhado *bottom up* por alterações culturais de base científica, difundida em vários domínios — agrofloresta, agricultura biológica, economia circular, economia azul, edifícios sustentáveis... — e, também, de base ética, decorrente do modo como as sociedades passam a valorizar o futuro no seu dia-a-dia.

O princípio da *sustentabilidade* começa a instalar-se nas economias mais desenvolvidas e a *responsabilidade pelo futuro* a ditar *comportamentos de*

^o Criada em setembro de 1960 pelo Irão, Iraque, Kuwait, Arábia Saudita e Venezuela, alargada, nos anos sessenta à Líbia, Emirados Árabes Unidos e, na década seguinte, ao Gabão, Argélia e Nigéria, é ampliada, já no século XXI, a Angola, Guiné Equatorial e Congo.

^p Fazem parte da OPEP, para além do Iraque, da Arábia Saudita, do Irão, do Kuwait, dos Emirados Árabes Unidos, do Qatar, também a Venezuela e o Equador, para além da Indonésia e, ainda, do Gabão, da Nigéria, da Líbia, da Argélia, e, até há pouco, de Angola.

^q Ver o que ficou conhecido por “*relatório Meadows*” ou “*relatório do Clube de Roma*”. Donella Meadows *et al.*, *Limits to Growth: the 30 year update*, Universe Books, 1972 (traduzido para o português pela Dom Quixote, em 1973).

^r Ver Suzana Tavares da Silva, *Direito da Energia*, Coimbra Editora, 2011, em especial p. 15.

cuidado, que se vão disseminando e forçando primeiro a sua introdução articulada em programas de partidos políticos focados na questão ambiental — Partidos Ambientalistas (Verdes) —, mais tarde em programas gizados por partidos políticos generalistas, quando não em concretos movimentos de ação política não institucionalizada — organizações não governamentais, nacionais e internacionais, fomentadoras de fortes convicções e geradoras de ativismo político, em especial das gerações mais jovens.

Por outro lado, na Europa, onde o Estado Social de Direito se impôs no pós-2.^a Grande Guerra, assiste-se à substituição do *modelo de economia social*, no qual empresas públicas dominam, além do mais, o sector energético, por um *modelo de economia aberto à iniciativa particular*, isto é, favorável à entrega da produção e distribuição de energia a entidades privadas. Esta evolução, sob inspiração do *Direito da Comunidade Económica Europeia* — desde 1993 *Direito da União Europeia* —, permitiu aos particulares passar a contribuir para o Estado Social de Direito, e conformou um novo modelo de Estado — *Estado de Regulação* —, um novo direito — *direito regulatório* —, autonomizando o que se designa por *serviços de interesse económico geral* (SIEG's).

Em Portugal, a criação da *Entidade Reguladora do Sector Eléctrico*, em 1995, que viu os Estatutos aprovados dois anos mais tarde, passando a designar-se *Entidade Reguladora dos Serviços de Energia* (ERSE)^s, espelha a evolução traçada. A ERSE é uma entidade administrativa independente que tem por finalidade regular, a nível nacional, o sector da eletricidade, do gás natural, do gás de petróleo liquefeito, dos combustíveis a partir do petróleo e dos biocombustíveis. Atualmente, a ERSE articula-se, a nível europeu, com a *Agência de Cooperação dos Reguladores de Energia*^t e, a nível internacional, com a *Agência Internacional de Energia*, no âmbito da OCDE e a *Agência Internacional de Energia Atómica*, bem como a *Agência Internacional de Energias Reno-*

^s Criada pelo Decreto-Lei n.º 187/95, de 27 de julho, a ERSE viu os estatutos aprovados pelo Decreto-Lei n.º 44/97, de 20 de fevereiro.

^t A *Agência de Cooperação dos Reguladores de Energia* foi criada pelo Regulamento (CE) 713/2009, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de julho de 2009.

váveis, no âmbito da ONU^u.

O desenvolvimento económico, no Estado Direito, passa a ser garantido pelo mercado, e, neste, os *direitos dos consumidores* adquirem papel decisivo, numa triangulação de proximidade e especificidade que, no plano energético, se solve nas relações entre ERSE, empresas, consumidores.

Mas a ERSE não é a única entidade administrativa independente, em Portugal, com relevo nas áreas ambiental e climática. Outras surgem, nomeadamente e em particular, a *Agência Portuguesa do Ambiente (APA)*, com competências diversificadas de garantia do *direito fundamental a um ambiente de vida humano, sadio e ecologicamente equilibrado* (Artigo 66.º, n.º1, da Constituição da República Portuguesa de 1976, várias vezes revista) com o objetivo de, também nos termos constitucionais, “*adotar uma política nacional da energia, com preservação dos recursos naturais e do equilíbrio ecológico, promovendo, neste domínio, a cooperação internacional*” (Artigo 81.º, al. m)).

E, para além das entidades administrativas independentes, surgem iniciativas privadas, como acontece com a focada na eficiência energética, a *Agência para a Energia (ADENE)*, uma associação de direito privado com funções importantes, desde logo, na *certificação energética*, em particular dos edifícios.

O enquadramento traçado é essencial à *transição energética*, porquanto é nele que a estratégia de substituição dos recursos de origem fóssil por energias renováveis, é desenhada, fazendo apelo a *políticas públicas* cruzadas — ambiental, inovação tecnológica, investimento, fiscal... —, aprovados por Planos Nacionais, que convocam, de um lado, o *exercício da função administrativa do Estado* e, de outro, a *participação dos particulares* em discussão pública, para além de *consultas a peritos* das mais variadas áreas envolvidas^v.

^uSobre estas entidades, Suzana Tavares da Silva, *Direito da Energia*, Coimbra Editora, 2011, pp. 183 e ss.

^vA participação dos cidadãos, sejam ou não peritos, com maior ou menor experiência nas diferentes áreas que permitem a proteção ambiental, é constitucionalmente entendida como um dever. Com efeito, a Constituição da República Portuguesa de 1976 não se limita a garantir a todos o “*direito a um ambiente de vida humano, sadio e ecologicamente equilibrado*”, acrescenta terem todos, também, “*o dever de o defender*” (Artigo 66.º, n.º1).

Suportadas constitucionalmente^w, as políticas públicas realizam-se através de múltiplas ações, monitorizadas em razão das metas a atingir, de acordo com *princípios gerais de direito*^x, em articulação com as ações dos outros Estados em cumprimento de tratados e acordos internacionais e, no caso dos Estados da União Europeia, transpondo diretivas e desenvolvendo-as na realidade dos factos.

É neste contexto que, com o objetivo de atingir a *neutralidade climática*, se desenvolve o *mercado de carbono*, uma resposta de política económica à contenção das emissões de gases com efeito de estufa (GEE).

O mercado de carbono surge na *Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas*, no Rio de Janeiro (1992), foi desenvolvido no *Protocolo de Quioto* (1997)^{y,z}, que, por sua vez, desencadeou um conjunto de ações dos Estados, em especial na União Europeia, com efeitos visíveis. Em Portugal, o recente Decreto-Lei n.º 4/2024, de 5 de janeiro, institui, na sequência do *Acordo de Paris* (2015), e no quadro da política europeia, bem como em articulação com as políticas públicas nacionais, um *mercado voluntário de carbono*. O referido diploma estabelece o regime de funcionamento do mercado de carbono (Artigo 1.º, n.º 1), e aguarda-se a normação complementar que, além do mais, defina as tipologias de projetos de mitigação de emissões de GEE, de acordo com metodologias e critérios, a cargo da *Agência Portuguesa do Ambiente* (Artigos 6.º, 9.º, 10.º), tendo presentes as orientações do *Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas*.

Neste quadro, regista-se, ainda, o conjunto de propostas, conhecido por

^w Sobre a elaboração de planos de desenvolvimento económico e social com o objetivo, além do mais, de promover “a preservação do equilíbrio ecológico, a defesa do ambiente e a qualidade devida do povo português”, ver Constituição da República Portuguesa, Artigo 90.º.

^x Sobre o assunto, Maria da Glória F. P. D. Garcia, *Direito das Políticas Públicas*, Almedina, 2008. Contra a caracterização do direito das políticas públicas, defendendo aquilo a que chama, a partir da doutrina alemã, “um novo direito administrativo”, Suzana Tavares da Silva, *Um novo Direito Administrativo?* Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010 e ob. cit., p.21 e ss.

^y Realizada em Quioto, em dezembro de 1997, a *Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas para as Alterações Climáticas* consensualizou a necessidade de controlar a emissão de gases com efeitos de estufa, no que ficou conhecido por *Protocolo de Quioto*.

^z O Protocolo de Quioto só entrou em vigor após a assinatura da Rússia, em 2004.

Fit for 55, publicitado em 14 de julho de 2021. O *Fit for 55* contém iniciativas destinadas a tornar o cumprimento do objetivo da Lei Europeia do Clima de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa produzidas pela União Europeia, até 2030, pelo menos em 55% (tendo em conta os níveis de 1990), uma obrigação legal^{aa}. Tais iniciativas foram sendo concretizadas e, antes do início da COP28, concretamente em 9 de outubro de 2023, a União Europeia anunciou ter aprovado as duas que faltavam, concretamente a revisão da Diretiva sobre a utilização de Energia de Fontes Renováveis e o Regulamento ReFuelEU Aviação^{ab}.

Em suma, quanto aos recursos energéticos indispensáveis ao desenvolvimento económico, para além do seu abastecimento e preço, os diferentes Estados — e com eles entidades não governamentais e particulares — passaram a preocupar-se, também, em consensualizar, de forma abrangente, as respostas à degradação ambiental, ao aquecimento global e à crise climática, bem identificados nas suas causas, e que implicam urgência na sua efetivação.^{ac}

Mas a *transição energética* não se funda só na procura da *sustentabilidade*, esse *bem comum* planetário, tão difícil de consensualizar. Funda-se, ainda, na alteração das dependências económicas entre Estados de pensamento político ocidental e Estados não-alinhados com esse pensamento (geopolítica sustentada pelo acesso ao petróleo está a alterar-se). E funda-se, também, de um lado, no *investimento na inovação e investigação das tecnologias das renováveis* e, de outro lado, no investimento direto no sector das energias renováveis (caso da União Europeia) com vista a relançar a economia dos

^{aa} As propostas que integram o *Fit for 55* visam alcançar a neutralidade carbónica e dirigem-se a diferentes sectores da economia, nomeadamente a energia, os combustíveis, os transportes, os edifícios, o uso dos solos, as florestas, a fiscalidade.

^{ab} A revisão da Diretiva (EU) 2018/2001, do Parlamento e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis, publicada no Jornal Oficial da União Europeia, em 31 de outubro de 2023, deverá ser transposta até 21 de maio de 2025, embora se preveja que certas medidas, designadamente as que visam acelerar o processo de concessão de licenças para projetos de energias renováveis sejam transpostas até 1 de julho de 2024. Já o Regulamento ReFuelEU Aviação prevê que, em 2025, os combustíveis de aviões que partam de aeroportos da União Europeia contenham obrigatoriamente 2% de fontes sustentáveis.

^{ac} Chamando a atenção para a importância do fator “*tempo*”, neste domínio, Filipe Duarte Santos, *Time, Progress, Growth and Technology*, Springer, 2021.

Estados-Membros, após a crise financeira internacional de 2008^{ad}, pese embora as vicissitudes resultantes dos conflitos armados em curso, desde logo na Ucrânia e no Médio Oriente, e a respetiva envolvente económica e financeira, tenham trazido novas e prementes preocupações, também de contornos geopolíticos e geoestratégicos, e estejam a dificultar o processo de transição energética.

Mais. O empenho na *transição energética* resulta também de o desenvolvimento das tecnologias limpas exigir o acesso a novos e específicos recursos de origem mineral (como o lítio, o cobalto, o grafite, o índio), considerados *materiais de terras raras*, cuja procura aumenta o respetivo valor, e, por esse facto, tende a acelerar a *transição energética*.^{ae} E resulta também da resposta que se der à controversa e delicada questão de saber se a energia nuclear entra na equação.

Num outro quadrante, perante a ausência de instrumentos jurídicos capazes de “obrigar” os Estados a cumprir os acordos de direito internacional que firmaram, aprovando legislação interna adequada, assiste-se, no âmbito da luta contra as crises ambiental e climática, e em razão da urgência desse combate, à defesa, em ação própria instaurada em tribunal, do *direito fundamental dos particulares a um ambiente limpo, sadio e sustentável*, com as consequências inerentes. Definir o que são *deveres dos Estados de Direito de proteção de direitos fundamentais e como se efetivam* tornam-se temas de reflexão jurídica^{af}, tal como saber qual o tribunal competente para a ação.

Por outro lado, o reconhecimento, em 26 de julho de 2022, pela

^{ad} Suzana Tavares da Silva, *ob. cit.*, p.19. Não se esquece, porém, o peso da normatividade e da burocracia europeias no acesso a investimentos, realidade que tem vindo a criar incómodo no interior de alguns Estados-Membros.

^{ae} Ver Relatório do Banco Mundial, Arrobas e outros, “*The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future*”, 2017. Espera-se que o uso de materiais de terras raras aumente seis vezes até 2030.

^{af} Desenvolvendo amplamente a temática, e procurando compreender os equívocos em que assenta, bem como lançando pistas de solução, Jorge Pereira da Silva, *Deveres do Estado de Proteção de Direitos Fundamentais*, Universidade Católica Editora, 2015.

Assembleia Geral das Nações Unidas, na linha da Declaração de Estocolmo de 1972, da existência de um direito humano a um ambiente limpo, saudável e sustentável (“*recognizes a right to a clean, healthy and sustainable environment as a human right*”), dá lastro à necessidade de dogmaticamente compreender o que são e como se garantem os direitos humanos que exigem ações concretas e urgentes por parte dos Estados que os reconhecem constitucionalmente ou firmam tratados que os reconhecem. Porque os direitos humanos não são, não podem ser compreendidos como abstrações. Se não houver instrumentos jurídicos que os realizem, não passam de um conjunto de palavras sem conteúdo de direito, pois só é direito o que se puder realizar como tal na esfera jurídica do cidadão concreto. O *International Court of Justice*, a propósito da ameaça ou do uso de armas nucleares para o direito humano ao ambiente, abre caminho à conclusão a que se chegou, ao afirmar: “*the environment is not an abstraction but represents the living space, the quality of life and the very health of human beings, including generations unborn*”^{ag}.

Com este pano de fundo, nos ordenamentos jurídicos estaduais, debate-se a possibilidade de, invocando a violação do *direito humano a um ambiente sadio ou o direito à qualidade de vida*, instaurar, em tribunal, ações de responsabilidade contra o Estado por *omissões legislativas, violação de lei ou ofensa de direito fundamental*, em razão da urgência da luta contra a degradação ambiental e a crise climática, naquilo a que se vem designando *litigância estratégica*, pela capacidade de influenciar comportamentos a vários níveis de ação política, a começar pelos órgãos legislativos.

Na Alemanha, uma dessas ações de responsabilidade por omissão legislativa foi aceite e decidida “com estrondo” pelo Tribunal Federal Constitucional, o *Bundesverfassungsgericht* (decisão de 24/03/2021)^{ah}. Conhecendo a autoridade das decisões deste tribunal na dogmática jurídica da União Europeia, é de esperar que os governos dos Estados-Membros acelerem a

^{ag} Cfr. Armando Rocha, *O direito e o dever humano de proteção do ambiente marinho*, em curso de publicação, Universidade Católica Portuguesa, Faculdade de Direito, Católica Research Centre for the Future of Law. ORCID n.º 0000-0002-8181-1512

^{ah} BVerfG, Order of the first Senate – BvR 2656/18.

aprovação de normas legais que imponham comportamentos ou proíbam outros, em matéria de *emergência ambiental*^{ai} e *climática*^{aj}, mas esperam-se também reticências, desde logo da doutrina alemã, quanto à bondade do caminho encetado por este acórdão do tribunal constitucional.

Nos EUA, concretamente em Montana, Utah, Havai, Oregon e Virgínia, foram instauradas, nomeadamente por grupos de jovens, ações de responsabilidade contra os respetivos Estados, por violação de normas e omissão de medidas que garantam o direito humano a um ambiente sadio e à qualidade de vida. Em Montana, Estado com as maiores reservas de carvão dos EUA, uma ação de responsabilidade, instaurada em 2020 (*Held versus Montana*), foi aceite pelo tribunal em junho de 2023 (juíza Kathy Seely). Os jovens fundamentaram a ação no facto de o Estado de Montana apoiar a extração de combustíveis fósseis que agravam o aquecimento global e, com esse comportamento, violar a lei constitucional que lhes garante um ambiente limpo e saudável. Depois de ouvir os jovens e a defesa do Estado de Montana, o tribunal deu razão aos jovens. Quanto à ação instaurada num tribunal no Havai, ainda não aceite, os fogos do Verão passado, aliados às imagens de satélite das indústrias de combustíveis existentes na zona, cuja precisão a ciência garante, facilitam o estabelecimento de nexos de causalidade e podem porventura sustentar factualmente a argumentação dos autores, se a ação for aceite e objeto de decisão judicial.

Por sua vez, conhecem-se litígios em tribunal, na China, um na província de Gansu e outro na de Ningxia, propostos pela Organização Não Governamental “*Os Amigos da Natureza*” contra empresas de serviço público, com fundamento no uso de energia fóssil, em violação da

^{ai} Armando Rocha, *Suing States: The Role of Courts in Promoting States. Responsibility for Climate Change*, in *Blue Planet Law. The Ecology of our Economic and Technological World*, Maria da Glória Garcia/António Cortês, Editors, Springer, 2023, open access, pp. 99 e ss.

^{aj} A expressão *emergência climática* (que se não confunde com o *estado de emergência* constitucionalmente previsto) consta do Artigo 1.º da *Lei de Bases do Clima*, aprovada pela Assembleia da República, a Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro. Esta lei prevê também, no Artigo 6.º, entre os direitos em matéria climática, o *direito de instaurar ações em tribunal para defesa de direitos e interesses legítimos* (n.º2).

lei e com prejuízos avultados na natureza. A ação instaurada em tribunal na província de Gansu, em 2016, foi decidida em abril de 2023, sendo a empresa obrigada a investir 913 milhões de RMB na produção de energia renovável.^{ak}

De acordo com dados do *Sabin Centre for Climate Change Law*, até maio de 2023, a litigância em tribunal sobre alterações climáticas, nos diferentes Estados, a nível mundial, ascendeu a 2.141 casos, 2/3 dos quais depois de 2015 (*Acordo de Paris*). E, em estudo recente, Joana Setzer e Catherine Higham mostraram que os casos estão a diversificar-se e continuam a aumentar, embora esse aumento esteja a abrandar. Seja, porém, como for, mais de 50% são favoráveis às alterações climáticas e a litigância tem tido impactos em medidas legislativas e administrativas dos diferentes Estados, para além de estar a produzir mudanças nos comportamentos das empresas, contrariando o movimento do *free-riding*. O estudo em causa regista ainda tendências, a nível mundial, uma de diminuição da litigância contra os Estados e entidades públicas, e outra de aumento de litigância contra as empresas^{al}. O referido estudo revela também um movimento no sentido de pedidos de consulta ao *International Tribunal on the Law of the Sea* (ITLOS), ao *Inter-American Court of Human Rights* e ao *International Court of Justice*, que, não dando lugar a decisões vinculativas, todavia originam documentos cuja autoridade influencia os Estados a tomar medidas legislativas e administrativas e as empresas a alterar comportamentos^{am}.

Seja, porém, como for, a *litigância estratégica* de que se dá notícia, sempre que se funde em inconstitucionalidade “por omissão de medidas

^{ak} São conhecidas ainda ações em tribunal sobre alterações climáticas na Bulgária, Finlândia, Roménia, Rússia, Tailândia e Turquia. Sobre o assunto, com abundantes dados, Setzer and Higham, *Global trend in climate change litigation. Snapshot 2023*, London: Grantham Research Institute on Climate Change and Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy, London School of Economics and Political Science, 2023.

^{al} Setzer and Higham, *ob. cit.*, p.2.

^{am} Setzer e Higham, *ob. cit.*, p. 3.

legislativas necessárias a tornar exequíveis as normas constitucionais^{an}, apesar de eficaz na resolução das crises ambiental e climática, pelo facto de viver a paredes-meias com o princípio da separação de poderes, trave-mestra dos Estados de Direito, deve ser usada com muita cautela. A tendência para a diminuição desta modalidade de litigância, antes aludida, será porventura resultado da referida cautela.

Competentes em razão da Constituição, os órgãos legislativos são responsabilizados pelo não exercício das competências. Os seus titulares estão sob escrutínio dos cidadãos, que responsabilmente os elegeram e devem “forçá-los” a agir, indicando caminhos. Guardiões dos direitos humanos constitucionalmente reconhecidos, os tribunais só devem ser chamados a decidir quando a omissão de medidas legislativas deixa de ser uma questão política e se torna uma questão jurídica, porque há efetiva lesão de direitos.

E uma reflexão mais se impõe, neste particular. Os saberes científicos, na sua apreensão transversal, essenciais na identificação das crises ambiental e climática, estão a revelar-se decisivos na resposta social às referidas crises, seja no apoio à ponderação e formulação de acordos alargados entre Estados, no âmbito do *Direito Internacional Público*, seja na ação ancilar de modelação do *Direito da União Europeia*, seja, ainda, nos ordenamentos jurídicos e nas políticas públicas estaduais, em particular conceptualizando, *na esfera jurídica dos Estados, específicos deveres de proteção dos direitos fundamentais dos cidadãos*, seja ainda na qualificação dos factos levados a julgamento em tribunal e estabelecimento de nexos de causalidade entre os factos e os respetivos efeitos, seja ainda na mudança dos comportamentos empresariais, bem como dos cidadãos.

^{an} Na formulação usada pelo Artigo 283.º da Constituição da República Portuguesa de 1976, após as revisões de 1982, 1989, 1992, 1997, 2001, 2004 e 2005. O mesmo artigo dispõe que a apreciação e verificação do não cumprimento da Constituição por omissão das medidas legislativas pelo Tribunal Constitucional é feita a requerimento do Presidente da República e do Provedor de Justiça, a nível nacional, e, nas Regiões Autónomas, a requerimento dos presidentes das Assembleias Legislativas das Regiões Autónomas.

4. EM BUSCA DO DIREITO DA POLÍTICA PÚBLICA DA ENERGIA. O CASO PORTUGUÊS.

Garantir os *direitos humanos ao ambiente sadio e à qualidade de vida*, bem como o *direito humano ao equilíbrio climático*^{ao}, constitucional ou legalmente reconhecidos, passa, pois, por saberes científicos cruzados e em evolução, adaptados a um devir incerto, factual e social. São eles que permitem o exercício dos *deveres de proteção dos cidadãos por parte do Estado*, obrigando-o não só à elaboração e execução de leis como à *definição e realização de políticas públicas* — económicas, educativas, de inovação, de emprego, fiscais, comerciais, de ordenamento do território..., nomeadamente a política da *transição energética*^{ap}.

Perante o exposto, fica claro que a *transição energética* se desenrola num enquadramento distinto do que conformou o Estado de Direito e a sua Administração ao longo do século XX, no sistema dito continental, base do sistema português.

Compreendido como *Direito Constitucional* concretizado (Fritz Fleiner), o Direito Administrativo regia *in totum* a Administração pública e esta encontrava no *princípio da legalidade* e no *princípio da prossecução do interesse público definido na lei* o fundamento único para agir. Subordinada à lei, geral e abstrata, a Administração pública globalmente prosseguia o interesse público que a lei lhe definia, nos mais diferentes domínios, e exercia o *poder discricionário*, também atribuído por lei, nos limites do direito. Vale por dizer que a normatividade que sustentava a ação administrativa estadual seguia um modelo normativo hierárquico, a partir de uma *Grundnorm* ou Constituição.

Porém, para efetivar os *deveres de proteção do direito a um ambiente sadio e à qualidade de vida*, e garantir aos cidadãos o *direito fundamental ao ambiente e ao equilíbrio climático*, ou, mais concretamente para realizar a *transição*

^{ao} Artigo 5.º da Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro, *Lei de Bases do Clima*.

^{ap} Suzana Tavares da Silva & António Gomes Martins, *Renewable Energies, Sustainability and Law*, in *Blue Planet Law...*, Springer, 2023, pp. 145 e ss.

energética que a sustentabilidade do planeta necessita, os Estados e respetivas Administrações públicas devem estar atentos a uma realidade incerta, multiforme, muitas vezes única e irrepetível, a exigir ponderações urgentes, dependentes de saberes científicos e técnicos, uma realidade que, ademais, não se compadece com as delongas do processo legislativo nem se deixa subsumir em normas gerais e abstratas, de interpretação e aplicação vinculada. Num quadro de situações localizadas espacialmente, de grande complexidade e em constante evolução, quantas vezes imprevisível, o peso do individual e concreto altera o relacionamento da Administração pública com o direito. Além disso, em certas áreas de atuação como a da energia, as ações administrativas tendem a ser funcionalizadas pela vinculação a metas, pela permanente sujeição a avaliações e revisões, mas também pelo desencadear de comportamentos responsáveis de particulares e empresas, o que tudo convoca uma *normatividade de tipo gestor*, focada na realização de políticas públicas e na estreita subordinação não tanto a leis, gerais e abstratas, mas fundamentalmente a *princípios gerais de direito, a padrões comportamentais, a códigos de conduta*. Por sua vez, a Administração pública vê-se forçada a agir usando instrumentos de ação novos, tais como *avisos, alertas, recomendações, campanhas publicitárias*, fazendo apelo a um poder que recupera um poder antigo e a que venho chamando *poder de governação*^{aq}.

Neste contexto novo, as *políticas públicas* e, nelas, a *política da energia*, implicam uma normatividade suportada pela ética da *responsabilidade*^{ar}, ampliada aos particulares e às empresas com quem a Administração pública se articula, e refletida na construção de concretas medidas. Vale por dizer que as *políticas públicas* se realizam segundo um modelo em rede (rede de princípios de direito, medidas de *soft law* e normatividades resultantes do cumprimento da *cooperação leal entre administrações dos Estados-Membros da União Europeia*), convocando os cidadãos, peritos e não peritos, a participar

^{aq} Maria da Glória F.P.D. Garcia, *Direito das Políticas Públicas...*, já cit. p. 81 e ss.

^{ar} A ética da responsabilidade parte da obra de Hans Jonas e do imperativo "*aprende a moderar-te!*". Ver *Das Prinzip Verantwortung...*, já citado.

na modelação dos interesses públicos sectoriais. A esta normatividade venho chamando *direito das políticas públicas*^{as}, e outros, na linha da doutrina alemã, *novo direito administrativo*^{at}.

Orientada para um futuro de neutralidade carbónica, a *política da energia*, torna-se um *way of becoming*, não obedecendo a uma hierarquia de normas, a concretizar de forma repetida. Tomadas em situação, as decisões da Administração pública são igualmente “guiadas” pela eficiência e eficácia conhecidas através da análise dos resultados antes obtidos no processo de desenvolvimento de políticas públicas (*interpretação metodológica eficiente e eficaz*).

Por sua vez, as inovações científicas e tecnológicas vão continuamente alterando a realidade, e a uma tal velocidade que o processo de aprovação e revisão de leis não acompanha. Para atingir os objetivos legalmente definidos e cumprir o dever de proteção do direito de todos a um ambiente sadio e à qualidade de vida, a Administração Pública tem de se ajustar, de acordo com standards comportamentais comumente aceites, apelando a princípios jurídicos — princípios da transparência, da cooperação leal, da racionalidade, da coerência, da proporcionalidade, da proibição do arbítrio, da justiça^{au} (*interpretação por apelo à rede de princípios gerais de direito*).

A *transição energética* implica definir *estratégias*, traçar planos de ação em função dos destinatários, das características de quem age, dos espaços geográficos e do horizonte temporal; implica monitorizar ações e, se necessário, redefinir procedimentos. Além disso, a transição energética funciona por vezes em condomínio de competências e atribuições — *Agência Portuguesa do Ambiente* (APA), *Agência Nacional para a Energia* (ADENE), *Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas* (ICNF) —, outras vezes opõe entidades estaduais — administração direta do Estado, das Regiões Autónomas, das Autarquias Locais —, a empresas e particulares, e, outras ainda, demanda

^{as} *Ob. cit.* nota 12.

^{at} Suzana Tavares da Silva, *Direito da Energia*, já citado, pp. 21 e ss.

^{au} Ver artigo 266.º, n.º2 da Constituição da República Portuguesa.

articulação com organismos europeus e internacionais, o que tudo implica saber gerir informações e saberes, tomar medidas em conjunto, usar o poder de "governança".

Em Portugal, a Resolução de Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de abril, aprovou o *Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética* (PNAEE) e o *Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis* (PNAER). Aí se definiram as políticas orientadas para a *transição energética*, tendo em conta o disposto na Diretiva 2012/27/EU, sobre a eficiência energética e, bem assim, a Diretiva 2018/2001/EU, sobre as energias renováveis, o que significa terem os referidos planos nacionais sido condicionados pelas normas europeias.

Entretanto, os referidos planos foram revogados pelo *Plano Nacional Integrado da Energia e Clima* (PNEC 2030), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho, que definiu a política energética portuguesa para o período 2020–2030, tendo em conta o Regulamento da União Europeia 2018/1999, do Parlamento e do Conselho, de 11 de dezembro (*Lei Europeia do Clima*) e as cinco dimensões fixadas pela *União da Energia*: descarbonização, eficiência energética, mercado interno de energia, segurança energética e investigação, inovação e competitividade^{av}.

O PNEC 2030 está, por sua vez, articulado com o *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050* (RNC 2050), aprovado por Resolução do Conselho de Ministros n.º 262/2019, de 6 de junho. Na elaboração do RNC 2050, teve-se em conta, além do mais, no plano internacional, o *Acordo de Paris*, no plano europeu, as diretivas pertinentes, e, no plano nacional, o *Programa Nacional de Políticas de Ordenamento do Território* e o *Plano de Ação para a Economia Circular*, para além de ter contado com a participação dos particulares, peritos e não peritos, porquanto foi aberto à participação e discussão pública. Aguarda-se, entre outros diplomas importantes para a transição energética, o da transposição da *nova Diretiva das Energias Renováveis* – Diretiva n.º 2023/2413, de 18 de outubro de 2023 — que deverá ocorrer até 21 de maio de 2025.

^{av} O PNEC 2030 encontra-se atualmente em processo de revisão. Até 30 de junho de 2024 a versão final será submetida à Comissão Europeia.

A estratégia de longo prazo do Estado português está traçada e a *política pública da energia* em marcha. Porém, os normativos que definem as políticas públicas estruturantes para o futuro da sociedade nesta área não estão sujeitos à aprovação do órgão legislativo por excelência, a Assembleia da República, nem se encontram sob controlo deste órgão de soberania, já que não integram o exercício da função legislativa do Governo^{aw}. Correspondendo ao exercício da *função administrativa do Governo*, tais normativos são aprovados por *Resolução do Conselho de Ministros*^{ax}, estando o seu escrutínio a cargo da própria Administração e dos cidadãos e, em casos de violação de princípios jurídicos ou normas legais, em especial de atribuição de competências, a cargo dos tribunais.

A enquadrar juridicamente a *política pública da energia*, encontram-se, para além de outras muitas leis^{ay}, a *Lei de Bases do Clima*, a Lei n.º 98/2021 de 31 de dezembro, aprovada na sequência do Regulamento da União Europeia 2021/1119, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de junho de 2021, conhecido por Lei Europeia do Clima, que define o regime para alcançar a neutralidade climática^{az}.

Em linha com o consensualizado no Acordo de Paris (2015), isto é, promover um desenvolvimento económico-social que limite a subida da temperatura global a 1,5 °C, a *Lei Europeia do Clima* contém apenas 14 Artigos, e “*cria um regime para a redução irreversível e gradual das emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa por fontes e para o aumento das remoções por sumidouros regulamentados no direito da União*” (Artigo 1.º).

^{aw} Ver artigo 198.º da Constituição da República Portuguesa de 1976.

^{ax} A elaboração de Planos Nacionais e Estratégias de Ação Política, nos mais variados quadrantes, integra a função administrativa do Governo (artigo 199.º, al. g), da Constituição da República Portuguesa de 1976) e toma a forma de Resolução do Conselho de Ministros.

^{ay} Falamos, para além da Constituição, da Lei de Bases do Ordenamento do Território, da Lei de Bases do Mar, da Lei de Bases do Ambiente...

^{az} O Regulamento (EU) 2021/1119 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de junho de 2021, cria o regime para alcançar a neutralidade climática e altera os Regulamentos (CE) n.º 401/2009 e (UE) 2018/1999, sendo conhecida por Lei Europeia do Clima.

Fundamental para este regime é, de um lado, a definição de um *objetivo vinculativo de neutralidade climática* na União Europeia até 2050 (Artigo 2.º), de outro, a criação do *Conselho Consultivo Científico Europeu sobre as Alterações Climáticas*^{ba}, que “funciona como ponto de referência para a União em matéria de conhecimentos científicos relacionados com as alterações climáticas, em razão da sua independência e das suas competências científicas e técnicas” (Artigo 3.º) e, de outro, ainda, a determinação de avaliações periódicas do processo, a fim de garantir que se alcance o objetivo da neutralidade climática (Artigo 6.º).

A Lei Europeia do Clima reforça o papel da ciência na política climática, em articulação com a da energia, através da criação do *Conselho Consultivo Científico Europeu para as Alterações Climáticas*. Apoiado na independência e saberes científicos dos peritos que o compõem, o Conselho deve, no exercício da sua competência, fazer apelo aos “melhores e mais recentes dados científicos disponíveis” (Artigo 3.º, n.º3). Por sua vez, os Estados-Membros são convidados a criar, a nível nacional, órgãos com competência para o aconselhamento científico especializado em matéria climática (Artigo 3.º, n.º 4), convite a que Portugal respondeu positivamente^{bb}.

O papel da ciência na modelação e acompanhamento de execução da política climática tem vindo a ser reivindicado pelos próprios cientistas. Presentes na *European Climate Conference*, promovida pela *Polish Academy of Sciences* e pela *Leopoldina – Nationale Academie der Wissenschaften*, em 15 e 16 de maio de 2023, em Varsóvia, 90 cientistas de 45 Estados europeus e da Ásia Central realçaram que estão ao serviço da ciência e esta só importa quando é útil à sociedade. No comunicado final, verificando que, “nem a ciência, nem a política, nem a ação civil coletiva, nem a educação, nem investimentos públicos ou privados podem, sozinhos”, atingir o objetivo da neutralidade climática e, ainda, reconhecendo que “a janela de oportunidade

^{ba} O *Conselho Consultivo Científico Europeu para as Alterações Climáticas* foi criado pelo Artigo 10.º – A do Regulamento (CE) 401/2009, introduzido pela Lei Europeia do Clima.

^{bb} Cfr: Artigo 12.º da *Lei de Bases do Clima*, a Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro, que criou o *Conselho para a Ação Climática*.

para cumprir o Acordo de Paris está a fechar-se, o que deixa abertas muito poucas opções realistas”^{bc}, disponibilizam-se a ajudar a acelerar a tomada de medidas, colocando o seu saber ao serviço dos cidadãos (*fellows citizens*) e da sociedade.

No enquadramento da *Lei Europeia do Clima*, a Assembleia da República portuguesa aprovou a *Lei de Bases do Clima* – Lei 98/2021, de 31 de dezembro, que reconhece o *direito de todos ao equilíbrio climático*, nos termos constitucional e internacionalmente estabelecidos (Artigo 5.º), para o exercício do qual a *política da energia* é decisiva, como resulta do primeiro objetivo das políticas públicas do clima: “Promover uma transição rápida e socialmente equilibrada para uma economia sustentável e uma sociedade neutras em gases com efeito de estufa” (Artigo 3.º, n.º1, al. a)).

5. A IMPORTÂNCIA DA EUROPEIZAÇÃO E DA INTERNACIONALIZAÇÃO DO DIREITO DA POLÍTICA PÚBLICA DA ENERGIA.

Os impactos da *europeização e da internacionalização no direito público interno dos Estados*, em especial nos respetivos direitos administrativos, são claros e merecem reflexão, ainda que breve.

No que à *europeização* respeita, a doutrina realça dois níveis de desenvolvimento, um vertical e outro horizontal^{bd}. Quanto ao primeiro, importa destacar, de um lado, o *princípio da primazia ou da preferência aplicativa do direito europeu* sobre o direito nacional e, de outro, o *princípio da interpretação do direito nacional em conformidade com o direito europeu*, sempre que em causa estão matérias que ascendem ao nível de decisão primária^{be}. Quanto ao segundo, evidencia-se o *princípio da cooperação leal*^{bf},

^{bc} Assume-se a responsabilidade da tradução dos excertos do comunicado final.

^{bd} Ver, em especial, Suzana Tavares da Silva, *Direito da Energia...*, cujo texto se segue, pp. 23 e ss.

^{be} Sobre o assunto, em particular, Fausto de Quadros, *Direito da União Europeia*, Almedina, 3.ª edição, 2013.

^{bf} Sobre este princípio, em particular, Rui Lanceiro, *O princípio da cooperação leal e a administração pública. A europeização do procedimento de acto administrativo*, AAFDL Editora, 2019.

cuja complexidade resulta de respeitar à rede de ordenamentos jurídicos dos Estados que integram a União Europeia. Estes dois movimentos, a acautelar, no quotidiano, pelos diferentes Estados-Membros, vertem-se, a final, na jurisprudência do Tribunal de Justiça da União Europeia (TJUE), o que contribui para facilitar a sua disseminação e para os consolidar nos diferentes ordenamentos dos Estados-Membros.

A europeização do direito, particularmente do direito administrativo, pressionou este a evoluir, o que em especial se sente na realização das políticas públicas. A europeização decorre de acordo com uma normatividade programática, cuja interpretação se centra não tanto no texto da norma, mas na eficiência e eficácia com que as ações atingem os objetivos definidos (*interpretação metodológica eficiente e eficaz*), no modo como essa ação se apoia em informação transparente^{bg}, e cumpre o conjunto de princípios a que o Estado de Direito deve obediência (*interpretação por apelo à rede de princípios gerais de direito*). Os órgãos administrativos competentes, com a participação dos cidadãos interessados e das empresas e o auxílio de peritos especializados, perante uma normatividade *flexibilizada pelos princípios jurídicos* e adensada *pela europeização do direito interno*, constroem a racionalidade e a coerência nos caminhos que guiam a decisão, na certeza de que esta é sindicável administrativamente, não deixando também de estar sujeita a controlo dos tribunais^{bh}.

Para além da europeização, os ordenamentos jurídicos estaduais recebem os *impactos do direito internacional público*. E recebem não só através dos acordos consensualizados internacionalmente — caso do *Acordo de Paris* e, também, do recente *Acordo do Dubai* —, mas também de *standards* veiculados por organismos internacionais — caso dos padrões de normalização

^{bg} A informação tem de ser transparente, não manipulada, sem omissões e transmitida em tempo. O dever de diligência em relação à informação é cada vez mais acentuado na legislação europeia. *Cfr.* Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao dever de diligência das empresas em matéria de sustentabilidade de 20/2/2022.

^{bh} Sobre o assunto, em particular, Jorge Silva Sampaio, *O controlo jurisdicional das políticas públicas de direitos sociais*, Coimbra Editora, 2014.

divulgados pela *The International Organization for Standardization* (ISO) —, e, ainda, de instrumentos de *soft law*^{bi} — vejam-se os *códigos de conduta*, as *recomendações*, as *declarações de princípios*, com origem em organizações internacionais, públicas ou privadas — caso do *FMI*, também do *Banco Mundial*, ou ainda da *Organização Mundial de Saúde* (OMS).

Influenciados pela normatividade internacional, em razão da estreita colaboração entre os Estados e destes com múltiplas organizações internacionais, os ordenamentos jurídicos estaduais tendem a repercuti-la na realização das políticas públicas^{bi}.

6. DIREITOS E DEVERES CLIMÁTICOS. CIDADANIA CLIMÁTICA E DIREITO DA POLÍTICA PÚBLICA DA ENERGIA

Em Portugal, já se disse e repete-se, a Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro, *Lei de Bases do Clima*, reconheceu a todos, nos termos constitucionais e internacionais, o *direito ao equilíbrio climático* (Artigo 5.º, n.º1), e definiu-o como “*direito de defesa contra os impactes das alterações climáticas, bem como no poder de exigir, de entidades públicas e privadas o cumprimento dos deveres e das obrigações a que se encontram vinculadas em matéria climática*” (Artigo 5.º, n.º 2). Além disso, elencou um conjunto de direitos em matéria climática, desde logo a “*tutela plena e efetiva dos direitos e interesses legalmente protegidos*”... “*incluindo, nomeadamente, o direito de ação para defesa de direitos subjetivos e interesses legalmente protegidos e para o exercício de ação pública e de ação popular*” (Artigo 6.º, n.º 2, a)). A mesma lei reconheceu a todos, também, deveres de salvaguarda do equilíbrio climático e deveres de contribuir para mitigar as alterações climáticas (Artigo 7.º, n.º1), definindo *cidadania climática* como o “*dever de contribuir para a salvaguarda do equilíbrio climático, cabendo ao Estado*

^{bi} O *soft law* é um direito “*mou*” (mole), “*flou*” (fluido), “*doux*” (doce), como refere Pierre Moor, *Le travail du droit. Essais sur le droit de l'État de Droit II*, Collection Dikè, 2021. Porém, é um direito que se adapta, em razão da flexibilidade, a sempre novas realidades e responde, por isso mesmo, adequadamente, às exigências da normatividade do *direito das políticas públicas*.

^{bi} Ver, em particular, Sabino Cassese, *Il diritto globale*, Einaudi, Torino, 2009.

promovê-la nos planos político, técnico, cultural, educativo, económico e jurídico” (Artigo 7.º, n.º 2).

Perante este elenco de direitos e deveres, a sua efetivação no quotidiano só depende de todos e de cada um de nós. Porque *não somos meros destinatários dos direitos e dos deveres* constantes da *Lei de Bases do Clima* que a Assembleia da República, democraticamente eleita, aprovou. *Nem somos somente sujeitos de direitos e de deveres* a partir da definição que desses direitos e deveres é feita na referida lei, que passou a fazer parte integrante do ordenamento jurídico português. Somos sujeitos do próprio direito, isto é, sujeitos do ordenamento jurídico que nos rege^{bk}.

Com efeito, a responsabilidade pelo exercício dos direitos e pelo cumprimento dos deveres constantes da *Lei de Bases do Clima* começa a montante da lei, porque é a sociedade política quem tece o lastro cultural que *transforma interesses de facto em exigências jurídico-políticas*, forçando a sua institucionalização em norma jurídica. Como se referiu supra, a relação causa/efeito entre, de um lado, desenvolvimento técnico e económico das sociedades de bem-estar, com uso abundante de energia fóssil, e, de outro, alterações climáticas, foi, primeiro, evidenciada por cientistas, sendo depois sociologicamente consciencializada e culturalmente maturada, nos planos internacional, europeu, nacional. Só num terceiro momento se volve em exigências políticas, passando estas depois a ser definidas na lei como direitos e deveres. Em suma, o equilíbrio climático nasce como interesse de facto, torna-se uma exigência política e transforma-se em direito ao equilíbrio climático e em *dever de contribuir para a salvaguarda do equilíbrio climático na Lei de Bases do Clima*.

Porém, dizer que todos somos *sujeitos do próprio direito* (e não seus meros destinatários ou sujeitos de direitos e deveres) não se esgota no momento da definição legislativa. Vai mais além, continuando pela responsabilidade a jusante da lei, isto é, após a sua entrada em vigor.

^{bk} Seguimos o pensamento de António Castanheira Neves em, por todos, *O Direito hoje e com que sentido? O problema actual da autonomia do direito*, Ed. Instituto Piaget, 2002.

Com efeito, detentores de conhecimentos, vivências, capacidades científicas e técnicas, na multiplicidade de geografias que ocupamos, todos somos responsáveis pelo exercício da *cidadania climática* e, em concreto, pelo exercício do *direito ao equilíbrio climático*, bem como pelo cumprimento dos diferentes *deveres climáticos*. Da assunção dessa responsabilidade decorre a realização da *Lei de Bases do Clima* e, em consequência, a *realização da política climática*, na sua *articulação com a política da energia*, nas vertentes em que estas se desdobram, nomeadamente políticas públicas da inovação tecnológica, empresariais, financeiras (com espaço para *orçamentos verdes*^{bl} e outros orçamentos participativos), fiscais^{bm}, da agricultura, economia circular...

Quanto ao exercício do *poder de governação*, importante para a realização das políticas públicas, envolve os sectores público, privado e social, e compete aos juristas, em diálogo com cientistas e técnicos, dar a conhecer as melhores formas de realizar o direito interno no espaço europeu e planetário^{bn}, encontrar as soluções justas, evidenciar as fronteiras do direito.

Realidade cultural, o direito, para além de *limites*, tem *permeabilidades* e *porosidades*. Pelas suas *permeabilidades* circulam os conhecimentos científicos, de acordo com as melhores técnicas disponíveis à data da tomada de medidas; e, nas suas *porosidades*, encrustam-se as decisões dos agentes administrativos e juízes que tomam as decisões. Em qualquer caso, sabendo que o direito tem *limites* que não podem ser ultrapassados, sob pena de se entrar no espaço do não-direito^{bo}.

^{bl} A orçamentação verde diz respeito ao modo como o orçamento incorpora medidas que, por exemplo, acelerem a descarbonização, melhorem a eficiência energética e reforcem a rede dos transportes públicos.

^{bm} Sobre a fiscalidade verde europeia, Marta Villar Ezcurra & Jerónimo Mailló González-Orúz, *Environmental Governance Through Tax Law in the European Union*, in *Blue Planet Law...*, Springer, 2023, pp. 173 e ss.

^{bn} Ver Sabino Cassese, *I Tribunali di Babele. I giudici alla ricerca di un nuovo ordine globale*, Donzelli Editore, 2009.

^{bo} Sobre o assunto, Pierre Moor, *Le droit et ses limites in Le travail du droit. Essais sur le*

7. RESPONSABILIDADE EMPRESARIAL, TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E DIREITO DA POLÍTICA PÚBLICA DA ENERGIA

A *política pública da energia* realiza-se também no âmbito empresarial, importando agora centrar a atenção no que, por influência da União Europeia, se designa ESG (*Environment, Social and Governance*), e que convoca o modo como as empresas interiorizam, no quotidiano, a responsabilidade empresarial nas áreas do ambiente, dos direitos humanos e de liderança^{bp}.

A realidade que a sigla ESG cobre tem o sentido de introduzir, na ação empresarial, um princípio de responsabilidade — *princípio de diligência empresarial* — que, por sua vez, dá origem a um dever específico, o *dever de diligência empresarial*, que, sendo cumprido, permite à empresa ter vantagens competitivas e, logo, gozar de maior *sustentabilidade*. Uma empresa que reduza lixos, use energia renovável, dê a conhecer regularmente a sua pegada de carbono (*responsabilidade ambiental*), mas também garanta os direitos humanos, apoie os mais vulneráveis, cumpra, no plano laboral, a igualdade de género (*responsabilidade social*) e, ainda tenha uma liderança que se pautar por princípios de democraticidade, diversidade de membros no conselho de administração, transparência de decisões (*liderança responsável*) é uma empresa que, no acesso a incentivos estaduais, na contratação pública, na procura de trabalhadores de qualidade ou na ampliação da quota de mercado, tem vantagens competitivas^{bq}. Qualquer que seja a área

droit de l'État de droit, Collection Dikè, 2021, pp. 57 e ss., bem como comunicação que, na sessão da Classe de Letras, em 10 de outubro de 2019, proferimos na Academia das Ciências de Lisboa, subordinada ao título *Breve reflexão sobre o direito e os seus limites, permeabilidades e porosidades*, já publicada nas Memórias da Academia das Ciências de Lisboa, Classe de Letras. <https://doi.org/10.58164/rqfq-ev46>.

^{bp} Sobre o assunto, Ana Filipa Antunes, *Responsabilidade empresarial e dever de diligência da futura matriz sobre “ESG” (Environmental, social and governance)*, acessível em <https://governancelab.org/responsabilidade-empresarial-e-dever-de-diligencia-da-futura-matriz-sobre-esg-environmental-social-and-governance/>.

^{bq} Ana Filipa Morais Antunes, *ESG, sustentabilidade empresarial e contratação responsável. Em especial, o papel do contrato e das “cláusulas éticas”* in *Revista de Direito Comercial*, acessível em <https://www.revistadedireitocomercial.com/esg-sustentabilidade-empresarial-e-contratacao-responsavel>.

da economia, a ação responsável das empresas torna-as instrumentos essenciais da *transição energética* e, bem assim, da qualidade de exercício dos direitos humanos. Porém, para atingirem esse objetivo, têm de introduzir, na compreensão do risco da respetiva atividade e nas suas cadeias de valor, as realidades conhecidas por ESC^{br}.

Em suma, também no plano empresarial a *sustentabilidade* depende da *responsabilidade* e da forma como as empresas se integram na que antes designámos ser uma *sociedade do cuidado*. Sob outra perspetiva, as políticas públicas que sustentam a transição energética entrelaçam-se na ação responsável das empresas.

A fim de corresponder à *sociedade do cuidado*, as empresas são levadas a modelar adequados códigos de conduta empresarial, bem como a ajustarem-se a metodologias e parâmetros de atuação, e a métricas de mensurabilidade. Aliás, já antes foi assinalado, a propósito do *mercado voluntário de carbono*, cuja regulação consta do Decreto-Lei 4/2024, de 5 de janeiro, aguardando-se a definição das metodologias e métricas a ter em conta nos projetos de mitigação de emissões de carbono, a apresentar pelas empresas (artigo 10.º), bem como a definição da entidade independente que os vai *validar e verificar periodicamente* (artigo 12.º).

De um modo geral, pode afirmar-se que os *incentivos fiscais*, os *apoios à inovação*, os *subsídios estatais* às empresas devem ser interpretados à luz dos referidos parâmetros e métricas, bem como ser lidos como formas de premiar, estimular, acelerar a ação empresarial que ajude o Estado a cumprir os objetivos e metas definidas na *política pública da energia*.

Não se esquece, também, que o *marketing empresarial* acentua a responsabilidade das empresas, desde logo quando aliado à *rotulagem dos produtos* — rótulo ecológico — e, em concreto, à *etiquetagem energética*, atualmente regulada pelo Decreto-Lei n.º 28/2021, de 20 de abril, que assegura o Regulamento (EU) do Parlamento e do Conselho 2017/1369,

^{br} Também aqui importa lembrar a importância da Agenda 2030 e os seus 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*, cujo cumprimento se torna uma mais-valia para as empresas.

de 4 de julho de 2017 e atribui à Direção-Geral de Energia e Geologia a competência para acompanhar a execução do diploma. Os consumidores são persuadidos a preferir os produtos mais habilitados a cumprir os objetivos da transição energética, exercendo, também desta forma, a sua *responsabilidade como cidadãos*.

Por outro lado, os consumidores tendem cada vez mais a ponderar, nas escolhas de produtos, a sua proveniência, preferindo empresas que não têm ou têm diminuta litigância verde (*green claims*), o que se torna, também, motivo de alteração de comportamentos das empresas. Acresce que o aumento, a nível mundial, da *litigância verde* empresarial, e o efeito ampliador da perceção que os consumidores têm das ações em tribunal, suscetível de “*modelar narrativas*” que permanecem, mesmo não obtendo as ações vencimento^{bs}, tende a contrariar o movimento do *free riding* por alteração de comportamentos empresariais.

Neste contexto, o *dever de informação* adquire centralidade. As empresas têm de disponibilizar ao público informação capaz de ser controlada, rastreada. A transmissão de informação ou imagem falsa, manipulada ou deliberadamente omissa é uma conduta desonesta e viola o princípio da transparência, outro princípio decisivo da ação empresarial. Compreende-se que o *green washing*^{bt} e a divulgação de informação falsa, manipulada ou omissa seja legalmente punida, devendo as empresas ponderar o risco que correm com tais práticas, sabido também que estas enraízam e amplificam perceções na sociedade muito difíceis de apagar.

Independentemente da responsabilidade das empresas por violação da lei, o direito prevê também a responsabilidade pessoal dos administradores^{bu}.

^{bs} Setzer and Higham, *Global Trends...*, *ob. cit.*, p. 3 e p.5.

^{bt} O *green washing* consiste em sugerir, em imagem, uma qualidade ou característica positiva que a empresa, produto ou metodologia não possui. O *green washing* está a dar origem a uma crescente litigância que, por sua vez, está a levar as agências e entidades administrativas independentes a aprovar normas vinculativas para impedir tais práticas. Setzer and Higham, *Global Trends...*, *ob. cit.*, p. 6.

^{bu} Em Portugal, ver Artigo 64.º do *Código das Sociedades Comerciais*). Sobre o assunto,

Espera-se que a União Europeia, no seguimento da *Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao dever de diligência das empresas em matéria de sustentabilidade*, tornada pública em 23 de fevereiro de 2022, consensualize e aprove as normas que irão regular a matéria, a transpor depois para os ordenamentos dos Estados-Membros^{bv}. Se, no entanto, a opção for a que consta da proposta de diretiva, isto é, se só as grandes empresas ficarem abrangidas pelo normativo, a neutralidade carbónica dificilmente se poderá alcançar no prazo previsto. Apesar disso, saliente-se que, independentemente da proposta de diretiva, vários Estados Membros avançaram ou propõem-se avançar com legislação própria sobre a matéria^{bw}.

Seja, porém, como for, cientes da sua responsabilidade na *transição energética*, e apesar de vicissitudes várias, não despiciendas, decorrentes seja de reações de Estados-Membros emergentes do leste europeu^{bx}, seja de litígios iniciados por grandes empresas contra decisões

Ana Filipa Morais Antunes, *ESG, racionalidade empresarial e novos contenciosos in Revista de Direito Comercial*, acessível em <https://www.revistadedireitocomercial.com/esg-racionalidade-empresarial-e-novos-contenciosos>.

^{bv} Sobre esta proposta de Diretiva, Ana Filipa Morais Antunes, *A Proposta de Directiva relativa ao dever de diligência das empresas em matéria de sustentabilidade ("CSDDD")*: *Aspetos actuais e desafios futuros*, in *Revista de Direito Comercial*, acessível em <https://www.revistadedireitocomercial.com/a-proposta-de-directiva-relativa-ao-dever-de-diligencia-das-empresas>.

^{bw} A França, em 2017, e a Alemanha, em 2021, já possuem leis sobre o dever de diligência empresarial. Ver nota 3 da Exposição de Motivos da Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao dever de diligência das empresas em matéria de sustentabilidade de 20/2/2022.

^{bx} Casos da Bulgária, Polónia, Roménia, mas também Irlanda, têm mostrado dificuldade em realizar as decisões da Comissão Europeia sobre a transição energética. Além disso, em julho de 2022, 15 Estados-Membros não tinham ainda transposto a Diretiva Energias Renováveis e, na mesma data, 12 Estados membros tão-pouco haviam transposto a Diretiva Eficiência Energética. Relatório anual da Comissão Europeia sobre o Controlo de aplicação do direito da União Europeia (Bruxelas, 14.7.2022). Entretanto, em 31 de outubro de 2023, foi publicada a Diretiva 2023/2413, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de outubro de 2023, que revê a Diretiva 2018/2001, sobre energias renováveis, a transpor para os Estados-Membros até 21 de maio de 2025, embora certas medidas de aceleração de concessão de licenças de projetos de energias renováveis devam ser trans-

da União Europeia^{by}, seja de um certo arrefecimento do sonho europeu, os Estados-Membros da União Europeia estão, com diferentes velocidades, é certo, a configurar o modelo económico ao espaço planetário, em razão da *sustentabilidade*, bem como ao tempo da justiça em razão dos direitos humanos^{bz}. Para tal contribui o envolvimento dos cidadãos, no quadro do que vem sendo designado por *cidadania climática*, envolvimento no qual cientistas e técnicos pontuam, colocando saber e experiência ao serviço de todos.

E concluímos. Apesar dos movimentos negacionistas e da falta de consenso sobre a energia limpa, bem como apesar da instabilidade decorrente dos confrontos bélicos em curso — guerra na Ucrânia, conflito decorrente do ataque do Hamas a Israel, operações armadas dirigidas do Iémen a navios que navegam no estreito do Mar Vermelho... — e da incerteza política em inúmeros países da América, África e Ásia, nas suas múltiplas repercussões, a *transição energética* numa *sociedade do cuidado*, com a sua *cultura de sustentabilidade e ética da responsabilidade*, tende a disseminar-se, evoluindo em novas formas de agir no âmbito do direito e da economia, a nível planetário.

O futuro convoca-nos a agir inovadoramente no presente, iluminados pela compreensão do passado.

8. QUINZE CONCLUSÕES

1. A degradação ambiental e as alterações climáticas resultam do desenvolvimento económico da sociedade técnica e a *sustentabilidade* do planeta depende do abandono da energia de origem fóssil.

2. Resulta desta *transição energética* a obtenção da neutralidade carbónica.

postas até 1 de julho de 2024.

^{by} Tem-se presente o litígio que opõe a Exxon Mobil à União Europeia em razão do “imposto de solidariedade” sobre as empresas de petróleo e gás natural.

^{bz} No mesmo sentido, a Carta Encíclica *Laudato Si'* (2015) e a Carta Apostólica *Laudato Deum* (2023), do Santo Padre Francisco, sobre a emergência ambiental e a emergência climática.

3. A *responsabilidade pelo futuro*, distinta da *responsabilidade pelo passado*, torna-se a chave da resposta à situação, criando em todos especiais deveres e o pilar da *sociedade do cuidado*. O risco que a sustentabilidade do planeta corre alia-se à *urgência* da resposta e demanda criatividade, inovação.

4. A dimensão planetária da *transição energética* exige consensos entre os Estados e *aprovação de tratados e acordos de Direito Internacional Público*. Estes não estão sujeitos a instância judicial que os “obrigue” a cumprir. Porém, a natureza do *Direito Internacional Público* tem vindo a *contaminar o direito interno dos Estados a orientarem-se segundo princípios gerais de direito*, flexibilizando-se, também, através da adoção de *standards* de comportamento e medidas de *soft law* num *movimento top down* de alerta para o *reconhecimento efetivo dos direitos humanos ao ambiente sadio, à qualidade de vida e ao equilíbrio climático*.

5. Ao referido movimento juntou-se outro, *bottom up*, a partir dos cidadãos e de organizações não-governamentais, que, através de partidos políticos ou diretamente, pressionam os Estados a agir, alertando para os *deveres de proteção dos respetivos direitos humanos*, através da *aprovação de leis e definição de políticas públicas* e as empresas a mudar os seus comportamentos lesivos, evoluindo de uma economia fundada na energia fóssil para uma economia neutra em carbono: a *ética de bem-estar torna-se da responsabilidade*.

6. A europeização do direito interno dos Estados-Membros decorre da intervenção política e jurídica da União Europeia nas crises ambiental e climática nos planos vertical (*princípio da primazia do Direito Europeu e princípio da interpretação conforme ao Direito Europeu*) e horizontal (*princípio da cooperação leal entre os Estados Membros*).

7. O Direito Administrativo tradicional, suportado pelo princípio da legalidade e pela hierarquia de leis é obrigado a tornar-se *Direito das Políticas Públicas*, que convoca uma Administração pública competente e transparente, empresas diligentes e cidadãos democraticamente participantes, suportado por uma *normatividade flexibilizada pela obediência a uma rede de princípios gerais de direito e de acordo com uma interpretação metodológica eficiente e eficaz* que se caracteriza como *Direito da Política Pública da Energia*.

8. As alterações exigidas pela transição energética são muitas, diversificadas, de grande dimensão e estão sob pressão da urgência.

9. Presente na Conferência de Estocolmo, em 1972, Portugal, na Constituição de 1976, reconhece “o direito a um ambiente humano sadio e ecologicamente equilibrado”, acrescentando que todos têm “o dever de o defender”. (Artigo 66.º, n.º 1) e prevê a adoção de “uma política nacional da energia, promovendo, neste domínio, a cooperação internacional” (Artigo 81.º, al. m). Membro desde 1986 da atual União Europeia, não só tem aprovado acordos internacionais em matéria energética, como tem transposto as diretivas regionais, europeias, para o seu ordenamento jurídico, em matéria ambiental e energética, por ex.: *Plano Nacional Integrado da Energia e Clima*, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho; *Lei de Bases do Clima* (Lei n.º 98/2021, 31 de dezembro), o *mercado voluntário de carbono* (Decreto-Lei n.º 4/2024, de 5 de janeiro). Quanto às iniciativas europeias conhecidas por *Fit for 55*, de 14 de julho de 21, destinadas a tornar obrigação legal a redução em 55%, até 2030, dos gases com efeito de estufa produzidos pela União Europeia, e se dirigem a diferentes sectores da economia — energia, combustíveis, transportes, edifícios, uso dos solos, florestas, fiscalidade... — ainda não foram integralmente vertidas para o ordenamento jurídico português.

10. A demora em alterar comportamentos políticos e jurídicos dos Estados deu origem, em vários Estados, à propositura de ações em tribunal em defesa dos direitos humanos a um ambiente sadio e à qualidade de vida, conhecida por *litigância estratégica*, forçando os Estados a agir, legislativa e administrativamente, o que, no entanto, não pode deixar de ser visto com cautela, em razão da potencial afetação do princípio da separação de poderes, pilar do Estado de Direito.

11. De igual modo, tem-se vindo a assistir ao aumento da litigância em tribunal contra empresas que violam leis ambientais ou lesam direitos humanos, cujos resultados têm vindo a contrariar o *free riding* e, consequentemente, a contribuir para a alteração de comportamentos empresariais, não só porque as sentenças podem fixar pesadas indemnizações como,

independentemente do sentido das sentenças, a litigância afeta a reputação das empresas visadas.

12. A *Environmental and Social Governance*, aliada ao princípio de diligência empresarial e à responsabilidade pessoal dos administradores vem-se impondo, em particular nas grandes empresas. Em 23 de fevereiro de 2022, foi tornada pública a *Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao dever de diligência das empresas em matéria de sustentabilidade*, aguardando-se agora a diretiva, bem como o modo como a mesma será transposta para os ordenamentos jurídicos dos Estados-membros.

13. Certo é que a *informação correta*, transparentemente transmitida, é fonte da *confiança* necessária à ação a desenvolver globalmente com vista à sustentabilidade, pelo que não só as diferentes ordens jurídicas lhe devem dar máxima atenção, como os cidadãos e as empresas se devem sentir responsáveis pela sua guarda.

14. Os conflitos bélicos a alastrar e a contínua devastação produzida por fenómenos climáticos extremos trazem entraves à *transição energética*, mas não a retiram da agenda política dos cidadãos, das empresas, dos Estados. Pelo contrário.

15. Efetivamente, tais fenómenos tornam ainda mais premente a necessidade de respostas urgentes e convocam todos os cidadãos — cientistas, políticos, economistas, juristas... — à ação, com ou sem o auxílio da Inteligência Artificial, através do diálogo responsável, ético, enriquecedor de conhecimento e ideias, orientado pela *realização dos direitos humanos e exigências da sustentabilidade*.

9. SEIS RECOMENDAÇÕES:

1. Uma vez que o desenvolvimento económico, antes fundamentalmente orientado pela liberdade juridicamente enquadrada, tende hoje a orientar-se pela *ética da responsabilidade*, originando comportamentos de *cuidado*, também juridicamente enquadrados, *recomenda-se, nos diferentes graus de ensino, o uso de uma pedagogia que acentue*

- a responsabilidade dos alunos, que exercite o seu pensamento crítico, que lhes transmita gosto em participar no bem comum e que os forme para a confiança na vida em sociedade.*
2. Envolvendo saberes, os mais diversos, a *transição energética* exige da sociedade rigor, capacidade de diálogo e transparência na transmissão de conhecimento, pelo que *se recomenda, nos diferentes graus de ensino, que se incentive a transdisciplinaridade, a capacidade de interagir e de construir conhecimento.*
 3. Exigindo do Governo e da Administração Pública dos diferentes Estados de Direito, respostas rápidas e ágeis, em consequência de compromissos internacionais e regionais, nomeadamente europeus, *enfatiza-se, de um lado, a participação cívica responsável que saiba pressionar politicamente os respetivos Governos a agir, controlando a ação, o que significa, no caso português, ter a consciência de que as políticas públicas são definidas por Resolução do Conselho de Ministros e, logo, não estão sujeitas ao controlo da Assembleia da República, de outro, a via, em último recurso, dos tribunais através da litigância estratégica, uma vez que, no limite, a litigância estratégica põe em causa o princípio da separação de poderes.*
 4. Uma vez que as políticas públicas, nomeadamente as da *transição energética*, estão sujeitas a uma normatividade mais fluída, gestionária, que exige uma interpretação metodológica eficiente e eficaz, que apela à rede de princípios jurídicos, ao mesmo tempo que põe em confronto múltiplas entidades, públicas e privadas, (*direito das políticas públicas*), *recomenda-se que os trabalhadores da Administração Pública que lidam com esta nova forma de realizar o direito tenham cursos de formação adequados, no caso português porventura ministrados pelo Instituto Nacional de Administração (INA).*
 5. Sob pressão da urgência, mas com particulares cautelas, *recomenda-se que a realização das políticas da transição energética faça uso de campanhas publicitárias que orientem os consumidores à melhor e mais eficiente utilização energética, bem como premeiem as empresas que, no*

âmbito da respetiva responsabilidade social e ambiental (ESG), adotem recursos e metodologias de produção benéficos à transição energética.

6. Como as normas legais definidoras de comportamentos de transição energética são indissociáveis do objetivo a atingir, *recomenda-se que as sanções legalmente previstas para o caso de incumprimento tenham efeito dissuasor e, sempre que as empresas, públicas ou privadas, as violarem, lesando consumidores, recomenda-se que estes usem meios jurisdicionais adequados e os tribunais fixem indemnizações que desincentivem o free riding (responsabilidade institucional e pessoal dos administradores).*

