

GISELA MARTA OLIVEIRA¹; DIOGO GUEDES VIDAL¹; RUI LEANDRO MAIA^{1,2}; RUI ESTRADA^{1,2} & MANUEL JOÃO LEMOS DE SOUSA^{1,3}

gisela@ufp.edu.pt; diogovidal@ufp.edu.pt; rlmaia@ufp.edu.pt; restrada@ufp.edu.pt; lsousa@ufp.edu.pt

¹Unidade de Investigação UFP em Energia, Ambiente e Saúde (FP-ENAS), Universidade Fernando Pessoa, Portugal | ²Centro de Investigação Transdisciplinar “Cultura, Espaço e Memória” (CITCEM), Universidade do Porto, Portugal | ³Academia das Ciências de Lisboa, Portugal

O QUE SIGNIFICA DESCARBONIZAR? UMA VISÃO DA SOCIEDADE ATUAL SEM ENERGIA FÓSSIL

RESUMO

Este capítulo aborda conceitos que estabelecem a relação entre a utilização da energia, o desenvolvimento tecnológico e a qualidade de vida. A energia e as consequências da sua utilização são consideradas, expondo os ciclos naturais do carbono, conceitos necessários à compreensão do problema das emissões antropogénicas de dióxido de carbono para a atmosfera. Desconstrói-se o termo “descarbonizar”, por vezes, abusivamente utilizado em contextos de linguagem mediática e por referência a discursos que se inscrevem em lógicas preconcebidas, sem base científica. Por fim, convoca-se um conjunto de reflexões em torno do desenvolvimento sustentável e das vias para o atingir. Este, sendo inevitável e de todos dependendo, deve centrar-se numa visão alargada da dignidade e da qualidade da vida humana e num compromisso de relacionamento ético entre o ser humano e a natureza.

PALAVRAS-CHAVE

desenvolvimento sustentável; descarbonização; energia fóssil; dióxido de carbono

INTRODUÇÃO

A energia está na base de tudo quanto existe, incluindo as formas de vida que conhecemos e o extenso universo: é omnipresente. A energia não

se cria nem se destrói, transforma-se de umas formas para outras e é nessas ações e transformações que se revela a sua presença constante e universal.

As sociedades atuais são totalmente dependentes da energia, pelo que o consumo energético *per capita* é um dos parâmetros indicadores do desenvolvimento de um país, não apenas sob o ponto de vista económico, mas também social. A energia é um dos pilares de sustentação do estilo de vida atual e dela dependem os serviços de saúde, de transporte, os sistemas de informação e de comunicação, apenas para referir alguns dos setores nevrálgicos de suporte à sociedade. O desenvolvimento e a estabilidade económica de um país estão diretamente dependentes da disponibilidade de recursos energéticos. A acessibilidade à energia de forma segura e fiável é crítica, não apenas para o desenvolvimento dos países, em todas as suas vertentes (sobretudo as vertentes tecnológica, económica e social), mas também para o bem-estar e prosperidade de cada indivíduo.

COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

A energia obtida diretamente da natureza – como as fontes de energia ditas renováveis (sol, vento, água, biomassa e energia geotérmica) e a energia de recursos naturais extraídos do subsolo, como os combustíveis fósseis e os minérios radioativos (urânio e tório usados para obtenção de energia nuclear) – é designada por “energia primária” (International Energy Agency, 2004). A maior parte das vezes, não é possível a utilização direta da energia a partir da fonte natural e é necessária a transformação destas formas de energia primária noutras formas mais práticas. A energia potencial, química ou nuclear, pode ser convertida em eletricidade, movimento, calor, trabalho mecânico e, de novo, em energia potencial.

“Combustível fóssil” é a designação genérica que se atribui a produtos energéticos naturais extraídos da crosta terrestre e que são, essencialmente, substâncias de origem orgânica que, no subsolo, experimentaram diversos processos de transformação, inicialmente bioquímica e, subsequentemente, físico-química. É por esta razão que o termo “fóssil” surge associado aos produtos energéticos extraídos da crosta terrestre.

Toda a energia que se utiliza na Terra provém, de forma direta ou indireta, do Sol. A energia radiante do Sol que incide na Terra manifesta-se sob a forma de luz e de calor que são aproveitados por plantas e por seres microscópicos, como as microalgas e as cianobactérias. Nestes seres, energia radiante do sol é transformada, através da fotossíntese, em energia química que pode ficar armazenada por tempo indefinido. Pela fotossíntese

e, por outros processos metabólicos, o dióxido de carbono existente na atmosfera é convertido em compostos orgânicos constituídos majoritariamente por hidrogénio, oxigénio e carbono, o elemento químico que é a base de todas as formas de vida que conhecemos.

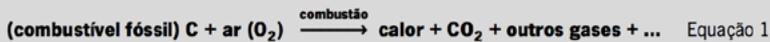
Há cerca de 20 a 450 milhões de anos existiam na Terra condições especiais em que abundavam seres vivos fotossintéticos e foi apenas nessa altura que se formaram os combustíveis fósseis que se utilizam hoje em dia e cuja quantidade é limitada. Em determinadas zonas geográficas do planeta, ficaram depositados restos desses organismos, sob várias camadas sedimentares, em circunstâncias que permitiram a sua conservação, de modo a transformarem-se em combustíveis fósseis. Ao longo de vários milhões de anos, a matéria orgânica sedimentada foi submetida a diferentes condições físico-químicas induzidas pela dinâmica dos eventos geológicos, e transformou-se lentamente através de um processo que se designa por incarbonização ou carbonificação e que consiste no aumento do teor em carbono desses sedimentos. Assim se formaram os combustíveis fósseis, cujas propriedades e características diferentes resultam, quer do tipo de organismos vivos que lhe deram origem, quer das condições de deposição e subsequente transformação.

É habitual denominar “combustíveis fósseis convencionais” o carvão, o petróleo e o gás natural e por “combustíveis fósseis não convencionais” o *shale*¹, o petróleo pesado, os betumes, o gás natural do carvão e o gás em hidratos. O petróleo bruto é uma mistura complexa (por vezes, com milhares de compostos diferentes) e de composição variável de hidrocarbonetos que são moléculas constituídas por carbono e hidrogénio. O gás natural é uma mistura de moléculas pequenas, também compostas de carbono e hidrogénio. O constituinte principal do gás natural é o metano, mas também pode conter outras substâncias como etano, propano, butano e pentano. O carvão é uma rocha orgânica também majoritariamente constituída por carbono. Assim, os combustíveis fósseis são fontes de energia baseadas no carbono, o elemento químico presente em substâncias fósseis (de origem orgânica). Estas, devido à combustão, fornecem calor e vapor de água que, por sua vez, são, depois, passíveis de ser transformados em eletricidade e/ou trabalho mecânico.

¹ A designação *shale* não tem tradução para Português, embora surja traduzido erradamente, por vezes, como “xisto betuminoso”. No Brasil, *shale* traduz-se por “folhelho”.

UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FÓSSIL: O PROBLEMA DO DIÓXIDO DE CARBONO

Qualquer processo de transformação e de utilização de energia, mesmo que efetuado da forma mais racional e com as melhores tecnologias disponíveis, nunca é 100% eficiente e gera desperdício, causando poluição. Por exemplo, a combustão de matérias-primas fósseis origina gases poluentes e gases com efeito de estufa (GEE), sobretudo dióxido de carbono (CO_2), cuja concentração na atmosfera tem aumentado de forma exponencial, atingindo níveis nunca antes verificados, desde a existência da espécie humana na Terra. Um processo de combustão em ar (ou seja, queima com oxigénio O_2) pode ser esquematicamente traduzido pela seguinte equação:



O dióxido de carbono (CO_2) é um constituinte natural da atmosfera terrestre. O ar atmosférico contém, em média, cerca de 20,9% de oxigénio, 78,1% de azoto, 0,9% de árgon e 0,1% de outros gases (onde se inclui o dióxido de carbono com 0,04%) e, ainda, vapor de água em quantidades muito variáveis.

O CO_2 é, também, um gás produzido pela atividade metabólica de vários seres vivos, incluindo a espécie humana, que o produz pela respiração, sendo expelido pela expiração com a concentração de cerca de 4% e a um ritmo que é variável com a taxa de respiração, mas que, normalmente, corresponde a cerca de 12 expirações por minuto. Considerando a taxa respiratória média de uma pessoa saudável, de cerca de 12 exalações/minuto, as emissões globais resultantes da respiração humana são estimadas em cerca de 2,63 mil milhões de toneladas de CO_2 por ano (Abas & Khan, 2014).

Todo o dióxido de carbono existente na atmosfera, nos seres vivos e dissolvido nas massas de água, teve origem nas rochas da crosta terrestre que constituem o maior reservatório de carbono do planeta. A exemplo da água, do azoto, do oxigénio e de outras substâncias constituintes da biosfera e da litosfera, o carbono circula de um reservatório para outro num processo cíclico natural que se designa por “ciclo do carbono”.

Compreender a dimensão do ciclo natural do carbono, quer à escala de tempo, quer de massa e de processos, é verdadeiramente importante para compreender, com base científica, a importância do problema das emissões antropogénicas de CO_2 para a atmosfera.

Este grande ciclo do carbono resulta dos diferentes processos físicos, químicos, biológicos e geológicos que envolvem a transferência de CO_2 entre os diferentes reservatórios naturais. Sob o ponto de vista da velocidade e duração temporal em que os processos de transferência acontecem, há que distinguir dois ciclos de CO_2 : o ciclo biológico e o ciclo geológico do carbono.

O ciclo biológico do carbono envolve processos de duração rápida (enquadrável numa escala de tempo comparável à da esperança de vida humana) como sejam a fotossíntese, a respiração ou a decomposição natural de matéria orgânica.

Os seres fotossintéticos têm a capacidade de absorver o CO_2 existente na atmosfera ou dissolvido nas massas de água convertendo-o, por ação da energia solar nas reações de fotossíntese, em hidratos de carbono que servem de alimento a outros seres vivos, propagando-se assim o carbono através da cadeia alimentar. Os seres vivos que utilizam os organismos fotossintéticos como alimento obtêm energia do carbono convertendo-o, por processos oxidativos (respiração e outros processos metabólicos) – é o caso, também, dos seres humanos. Nestes processos oxidativos forma-se de novo CO_2 que é libertado para a atmosfera, fechando o ciclo biológico do carbono no planeta.

Neste ciclo biológico do carbono estima-se que circulem anualmente cerca de 100 mil milhões de toneladas de carbono e que cerca de 0,1% desta massa de carbono seja sedimentada nos solos, sob a forma de matéria orgânica, passando a integrar os processos de formação das rochas (Rothman, 2015). Cada etapa deste ciclo biológico contém reservatórios naturais de CO_2 : as massas de água do planeta, o solo, a atmosfera e os seres vivos, incluindo, sobretudo, a vegetação terrestre. O tempo médio de residência do carbono nestes reservatórios varia de acordo com os processos reativos naturais: nos seres fotossintéticos e no solo, o tempo médio de residência corresponde a alguns anos; nos oceanos, a permanência poderá ser de alguns séculos; mas, nas rochas, o tempo médio de permanência do carbono é de vários milhões de anos (Berner & Kothavala, 2001).

O ciclo geológico do carbono envolve diversos fenómenos e eventos geológicos: erosão, transporte, sedimentação, carbonatação, litificação, afundimento, metamorfismo, subducção, fusão e regresso à superfície terrestre pelas erupções vulcânicas, gêiseres e eventos sísmicos. Os processos e os eventos geológicos naturais (geodinâmica, tectónica) contribuem para levar o carbono integrado nas rochas à superfície terrestre onde é novamente oxidado a CO_2 , quer pelas reações químicas associadas à ação natural dos agentes de erosão, quer pela ação humana. O ciclo geológico

do carbono é um conjunto de processos muito lentos que ocorre à escala geológica, ou seja, em milhões ou milhares de milhões de anos.

As atividades de exploração dos recursos naturais, sobretudo o consumo contínuo de matérias-primas fósseis nos últimos 100 anos, destabilizaram o ciclo natural, fazendo com que a massa de carbono, sob a forma de matéria orgânica fóssil, que é oxidada em CO_2 e libertada para a atmosfera, ultrapasse largamente a quantidade que é naturalmente introduzida nas rochas pelos processos de sedimentação neste mesmo período de tempo. Sendo assim, não é, pois, possível falar-se, de forma séria, em sustentabilidade na utilização de combustíveis fósseis considerando a forma como a sua exploração tem sido realizada.

Os recursos fósseis acumulados na crosta terrestre ao longo de cerca de 450 milhões de anos têm vindo a ser delapidados em cerca de 200 anos para servir apenas as últimas gerações, ávidas de conforto e de meios tecnológicos e, mais recentemente, rendidas a uma cultura de consumo massificado e não consciente na sociedade do consumo (Bauman, 1998), produtora de consumidores sem limites movidos por uma insatisfação permanente.

O diagrama da Figura 1 ilustra, de forma muito resumida, os fluxos de dióxido de carbono entre as diversas fontes emissoras e os sumidouros naturais. De acordo com as definições adotadas pela ONU, no texto da *United Nations framework convention on climate change* (Convenção-quadro das Nações Unidas sobre a mudança do clima) (ONU, 1992), por “sumidouro” entende-se qualquer processo, atividade ou mecanismo que remove GEE, aerossóis ou precursores de GEE da atmosfera e, pelo contrário, “fonte” é a designação atribuída aos processos e atividades que emitem (libertam) GEE, aerossóis ou precursores de GEE para a atmosfera.

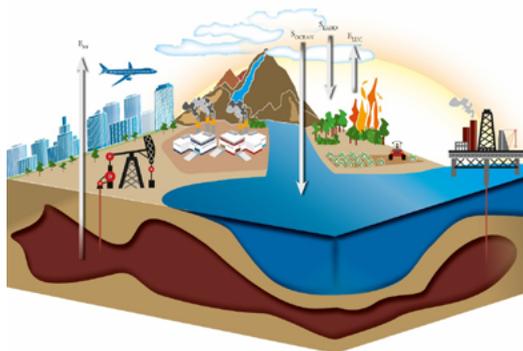


Figura 1: Balanço de massa ao CO_2 na Terra resultante dos ciclos naturais e das emissões antropogênicas
Fonte: Adaptado de Le Quéré et al., 2015, p. 50

O ciclo global do carbono encontrava-se em equilíbrio dinâmico até há cerca de 250 anos (1750 – Revolução Industrial) mas o aumento contínuo das emissões antropogénicas de CO_2 , devidas sobretudo à utilização de combustíveis fósseis, veio perturbar o balanço de massa do ciclo global do carbono pelo resultado da acumulação anual de cerca de 17 mil milhões de toneladas de CO_2 na atmosfera [valor médio anual para o período 2006 a 2015 (Le Quéré et al., 2016)]. A acumulação de dióxido de carbono na atmosfera pode ser calculada através do balanço de massa entre os fluxos de emissões por fontes e os fluxos de remoção por sumidouros representados na Figura 1 e que, de forma genérica, se podem exprimir pela equação 2.

$$G_{\text{ATM}} = E_{\text{FF}} + E_{\text{LUC}} - S_{\text{OCEAN}} - S_{\text{FLORESTA}}$$

Equação 2

Os mecanismos naturais não têm capacidade de reverter o ganho (G_{ATM} ou a acumulação) progressivo de CO_2 na atmosfera dado que as emissões de origem antropogénica (parcela E_{FF} na equação 2) têm um ritmo de acumulação muito mais célere do que os processos naturais de sumidouro nos oceanos (S_{OCEAN}) e em terra (S_{FLORESTA}). Por outro lado, o tempo de permanência do dióxido de carbono na atmosfera pode atingir 100 anos. Perante este cenário de modificação da composição da atmosfera da Terra, que se manifesta nos fenómenos das alterações climáticas, urge tomar medidas para, pelo menos, travar o aumento das emissões de CO_2 para a atmosfera. Este é um problema de dimensão global, à escala planetária e amplamente debatido, não apenas nas comunidades científicas, mas como tema recorrente nas agendas políticas. É, no entanto, um problema de enorme complexidade, sem solução fácil, nem única e que exige o empenho e participação de todos no objetivo de reduzir as emissões de CO_2 para a atmosfera. A gravidade deste problema é de tal ordem que, recorrendo aos valores já mencionados neste texto, as emissões anuais de CO_2 de toda a população do planeta, emitidas naturalmente pela respiração, representam apenas cerca de 15% (ou seja 2,63 mil milhões de toneladas) da acumulação anual total de CO_2 na atmosfera da Terra que se situa em cerca de 17 mil milhões de toneladas. Ademais, ao ritmo a que atualmente se verifica a acumulação de CO_2 na atmosfera, bastam apenas cerca de seis anos para que o ganho cumulativo de dióxido de carbono na atmosfera atinja a mesma quantidade que intervém no ciclo biológico do carbono.

Então, são necessários novos modelos para a transformação e utilização da energia, sobretudo porque o aumento da população mundial contribui, cada vez mais, para maior pressão sobre os recursos naturais, devido à solicitação do seu uso por um número crescente de habitantes com hábitos de consumo cada vez mais exigentes. Como se poderá alcançar este propósito numa sociedade cada vez mais dependente da energia para suporte da comunicação, mobilidade, tecnologia e, em geral, do consumo? No fundo, trata-se de questionar: até que ponto cada indivíduo está disposto a reduzir ou mesmo abdicar de algum conforto em prol do bem comum? A questão não deve ser encarada como demagógica pois, na verdade, trata-se de questionar a possibilidade de rutura do modo de vida atual em prol de um outro em que a tónica seja colocada no “bem comum” e não apenas no “eu”.

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA — ESTILOS DE VIDA — DESENVOLVIMENTO: QUE VIA PARA A SUSTENTABILIDADE?

ENERGIA: A FORÇA MOTRIZ DO DESENVOLVIMENTO

A espécie humana percorreu cerca de dois milhões de anos no desenvolvimento do seu engenho e da capacidade de compreensão dos processos, ciclos e eventos naturais, quer para se proteger, quer para aproveitar o benefício dos recursos e potencialidades do meio ambiente. Assim foi também com a energia: a descoberta do fogo é considerada como um marco na história da evolução da humanidade. Só muito mais tarde, no século XVIII, surgiu a máquina a vapor que, recorrendo à combustão do carvão, permitia “transformar o fogo em movimento” (Oliveira & Sousa, 2012, p. 247). Esta descoberta abriu novos horizontes à humanidade, revolucionando a forma de realizar o trabalho mecânico que, até então, provinha exclusivamente das forças de origem animal ou dos elementos naturais. Com efeito, até à invenção da máquina a vapor, toda a transformação de energia em trabalho mecânico era diretamente oriunda da natureza, como no caso dos moinhos de vento ou de água, da tração animal ou, mesmo, da força física humana.

No século XIX, outra descoberta iria revolucionar o curso da humanidade e dar novo uso ao carvão: a produção de eletricidade. Embora a descoberta da existência da energia elétrica tivesse ocorrido cerca de um século antes, apenas em 1879, com a invenção da lâmpada por Thomas Edison, tomou uma aplicação prática efetiva: a iluminação. Nos anos seguintes, o carvão passou a alimentar as turbinas a vapor das centrais termoelétricas para a produção de eletricidade. A possibilidade de produzir

eletricidade em larga escala promoveu um desenvolvimento tecnológico sem precedentes na História, levando ao fabrico de diversos instrumentos, tais como máquinas e motores, transformando radicalmente a forma de se interagir com a natureza e com o mundo. Paralelamente, a descoberta das potencialidades do petróleo permitiu o desenvolvimento da indústria petroquímica que fornece milhares de substâncias a partir das quais se produzem plásticos, solventes e diversos produtos químicos que estão presentes no quotidiano e que se utilizam em várias outras indústrias como a farmacêutica ou a cosmética.

Os governos de todos os países reconhecem a energia como um bem precioso: a segurança do abastecimento energético constitui uma área estratégica crucial e, por isso, a conquista pela disponibilidade de recursos energéticos tem sido responsável por muitos conflitos no mundo (Oliveira & Sousa, 2013). A energia é tão importante que já não é possível imaginar o estilo de vida atual sem eletricidade ou sem meios de transporte. Não obstante o forte desenvolvimento das comumente designadas por “energias renováveis”, atualmente, o mundo – e Portugal não é exceção –, é fortemente dependente das fontes de energia fóssil: petróleo, carvão e gás natural. A Figura 2 ilustra o consumo de energia primária, no ano de 2016, no mundo, na OCDE, na União Europeia e, também, em Portugal.

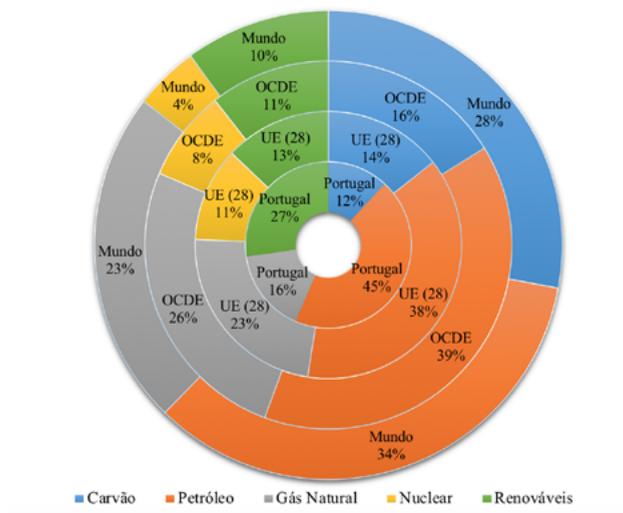


Figura 2: Consumo de energia primária em 2016 por tipo de fonte de energia
Fontes: dados estatísticos obtidos a partir de BP, 2018; Direção-Geral de Energia e Geologia, 2018a, 2018b; Eurostat, 2018

Os avanços tecnológicos alcançados nos últimos 200 anos devem-se à disponibilidade de energia de origem fóssil barata e acessível, que permitiu a melhoria das condições de vida das populações e o aumento da esperança de vida. A evolução tecnológica tem sido tão importante que os países continuam, ainda, a diferenciar-se entre “desenvolvidos” e “em vias de desenvolvimento”, conforme o nível de implantação de setores e atividades industriais que possuem. Não foi há muito tempo que o conceito de país desenvolvido era meramente economicista e apenas baseado na capacidade tecnológica e de produção de bens e serviços, ou seja, o desenvolvimento era medido em termos de indicadores económicos, como, por exemplo, através do produto interno bruto (PIB).

Perante o deslumbramento do seu engenho, e cada vez mais rodeado de bens materiais por si concebidos e fabricados, o ser humano, sobretudo em ambientes urbanos, por vezes, perde a noção de que também ele é parte integrante do meio natural. “Viver bem, dentro dos limites do nosso planeta” (Decisão n.º 1386/2013/UE) é o título de uma decisão da União Europeia para a atuação da União ao nível da política ambiental, que reconhece o enorme impacto que a degradação dos ecossistemas e do ambiente, de uma forma geral, exerce na saúde e no bem-estar humano. Esta expressão transcreve, de forma simples, em linguagem comum e contextualizada na realidade da União Europeia, aquilo que é a essência do conceito de desenvolvimento sustentável: a procura do bem-estar respeitando o meio ambiente. Neste documento é também reconhecida a necessidade de dissociar o crescimento económico da degradação ambiental e, de facto, a União Europeia tem sido pioneira na definição de rumos políticos adequados aos problemas atuais com que o mundo lida e que são, muitas vezes, seguidos por outras instituições.

Os maiores desafios ambientais, nomeadamente as alterações climáticas ou a poluição dos oceanos, têm uma abrangência universal e, como consequência, necessitam de ser abordados numa perspetiva global requerendo a maior cooperação internacional para a procura de soluções integradoras e de conjunto, tal como preconizam as metas da ONU para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2015). Na União Europeia, desde há cerca de uma década que a estratégia de combate às alterações climáticas se tornou parte integrante da política energética como uma forma indissociável de garantir o desenvolvimento sustentável, a competitividade e a segurança do aprovisionamento da energia (Comissão das Comunidades Europeias, 2006). No presente, a humanidade enfrenta a dupla dificuldade de, por um lado, sustentar o seu modo de vida e a economia em sistemas

energéticos fortemente dependentes dos combustíveis fósseis, isto é, em recursos naturais, preciosos e de acesso cada vez mais limitado; e, por outro lado, contribuir para a degradação do meio ambiente, nomeadamente da atmosfera, sem a qual a vida, tal como a conhecemos, não é possível. Este comportamento de exploração intensiva dos combustíveis fósseis, gerados há cerca de 20 a 450 milhões de anos, verifica-se há mais de 200 anos e as previsões são unânimes (International Energy Agency, 2013) em considerar que o *modus vivendi*, não apenas se manterá, mas tem tendência a acentuar-se, pelo menos enquanto a energia de origem fóssil for o motor do desenvolvimento tecnológico e do progresso económico.

O desenvolvimento de tecnologias de utilização de energia e a definição de estratégias e de políticas de energia serão sempre indissociáveis dos efeitos que provocam no meio ambiente. É, por isso, necessária uma reflexão conjunta das duas vertentes nas tomadas de decisão sobre questões energéticas. Atualmente, perante a possibilidade tecnológica real de substituição da energia de origem fóssil por energia de fontes renováveis, deposita-se uma enorme esperança nas fontes renováveis e, por isso, são frequentes as notícias quer sobre novos desenvolvimentos tecnológicos, quer sobre medidas e políticas que patrocinam a produção de eletricidade de origem renovável (IEIA & IRENA, 2017). Diz-se que é necessário “descarbonizar”. Fala-se em “descarbonizar” o país, a sociedade, a economia... o mundo. Mas afinal, o que significa “descarbonizar”?

Segundo a definição dada pelo dicionário da Academia de Ciências de Lisboa, descarbonizar significa “tirar o carbono” (Academia das Ciências de Lisboa, 2001, p. 1147). Porém, a levar à letra esta definição genérica, “descarbonizar” significa, afinal, suprimir os combustíveis fósseis (fontes de energia baseadas no carbono) das opções de fontes energéticas para o abastecimento energético do país e do mundo.

Além disso, todo o ser vivo é constituído por carbono, por conseguinte, a generalização do termo “descarbonizar” de forma indiscriminada, e não apenas contextualizada na temática da energia, além de abusiva, é desprovida de sentido, pois significaria suprimir a própria vida. Se, na verdade, o que se pretende é reduzir as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, ter-se-á de usar o termo “descarbonatar” que no mesmo dicionário tem precisamente este significado: “retirar o dióxido de carbono” (Academia das Ciências de Lisboa, 2001, p. 1147).

Realmente, em termos práticos, descarbonizar o sistema de abastecimento de energia de um país significa, literalmente, eliminar as fontes de energia fóssil, substituindo-as por outras fontes, ou seja, as alternativas

possíveis são as fontes de energia renovável e a energia nuclear. Com o estado atual de conhecimento e de evolução tecnológica, a energia nuclear não constitui uma opção válida, nem tolerada pela opinião pública. Há vários problemas ambientais resultantes da produção de energia nuclear pelo processo de fissão nuclear, uma vez que estes são ainda mais complexos e preocupantes do que os gerados pela utilização de combustíveis fósseis.

A observação da Figura 2 permite, de imediato, propor a seguinte pergunta: no caso de Portugal, como será possível substituir cerca de 73% das fontes de energia primária, atualmente suportadas pelos combustíveis fósseis (Direção-Geral de Energia e Geologia, 2018b), apenas por fontes de energia renovável? A resposta é muito simples: evidentemente é necessário um processo de transição porque, no momento, perante o atual estado tecnológico de utilização das fontes de energia renovável, não é possível suprimir totalmente as fontes de energia fóssil. Então, estamos perante um desejo de mudança e de uma esperança de novo paradigma de utilização de energia que, embora sendo legítimas e absolutamente necessárias, ainda são utópicas. A transição de um sistema de abastecimento de energia suportado pela energia fóssil para um sistema maioritariamente baseado em fontes de energia renovável será um processo progressivo, mas lento.

Há ainda um caminho significativo a percorrer no domínio das tecnologias de produção de energia a partir de fontes renováveis, nomeadamente no que diz respeito à capacidade de armazenamento de energia e à eficiência de processos e, certamente, a resolução destes problemas trará o protagonismo total às fontes de energia renovável. Contudo, no momento atual, a sustentação do sistema de abastecimento de energia de um país apenas em fontes renováveis não garante a segurança do abastecimento de energia e, por isso, não existe nenhum país no mundo que tenha atingido este nível de desenvolvimento. A maior parte das vezes, os problemas, na sua essência, não são de cariz tecnológico, nem económico, e muito menos político, como pode parecer à primeira vista, mas são antes problemas sociológicos decorrentes do comportamento, das opções e dos estilos de vida das populações. Numa publicação recente sobre o papel de determinadas tecnologias de remoção de emissões de CO₂, o European Academies' Science Advisory Council (2018) reconhece que são postas demasiadas expectativas na evolução tecnológica como forma de resolução do problema das emissões de CO₂ e das alterações climáticas em geral.

A IMPORTÂNCIA DA AÇÃO INDIVIDUAL NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Muitos dos problemas ambientais têm características e constrangimentos marcadamente regionais (e até locais) e que são função quer das condições geográficas, naturais e climáticas que definem a vulnerabilidade de uma região, quer das raízes culturais e, também, das políticas aí implantadas. O reconhecimento desta realidade traduziu-se na expressão, amplamente divulgada, “pensar global, agir local”, conceito que, apesar dos seus 100 anos (Geddes, 1915), e da banalidade que, entretanto, adquiriu, continua a revelar-se da maior importância e aplicabilidade. É precisamente no contexto local que a atuação individual decorrente da cidadania, da responsabilidade social e da educação se manifesta e se revela como pilar fundamental na construção do desenvolvimento sustentável (Leal Filho & Pace, 2016).

Para que seja alcançada, a via para o desenvolvimento sustentável perene e resiliente deve ser inclusiva e todos os cidadãos deverão ser chamados a uma participação ativa e a uma responsabilidade partilhada, não necessariamente igual, mas justa e baseada em direitos iguais (Unesco, 2014; Yang, 2006). Neste enquadramento, é absolutamente fundamental que o cidadão comum, ator nuclear da mudança, tenha acesso à educação e à informação fidedigna isenta de preconceito social ou económico e, sobretudo, livre do jugo da censura política ou religiosa (Unesco & United Nations Framework Convention for Climate Change, 2016), pois o desenvolvimento sustentável não prospera em sociedades desiguais (National Academies of Sciences Engineering and Medicine, 2016). Só assim cada indivíduo poderá verdadeiramente tomar consciência e compreender os problemas que travam o desenvolvimento sustentável (Oliveira & Archer, 2015).

O desenvolvimento sustentável é, também, critério de valoração ética, numa abordagem em que se pode questionar o próprio conceito de desenvolvimento. A vocação do desenvolvimento impele os seres humanos a realizar, conhecer e possuir mais. O que significa, no plano ético, este desenvolvimento enquanto vocação do ser humano para “ser mais”? A esta pergunta pode responder-se indicando a característica essencial de um desenvolvimento autêntico – a integralidade – já que o desenvolvimento só será autêntico se for integral (Oliveira & Archer, 2015). Este conceito ético de desenvolvimento afasta-se de uma noção meramente economicista, na qual se acredita que o progresso económico *per se* pode resolver todos os problemas sociais através da “mão invisível” do mercado. Para esta perspetiva, parece óbvia a contribuição da ideia de sustentabilidade

para qualificar este tipo de desenvolvimento. O desenvolvimento humano e integral nunca poderá ser verdadeiramente humano e integral se ignorar as necessidades das gerações futuras (World Commission on Environment and Development, 1987). Tem, necessariamente, de assentar numa ideia de solidariedade e de justiça entre gerações, em consonância com o progresso económico, mas este não deverá ser o objetivo último, sem limites. Um dos grandes desafios da sustentabilidade talvez seja este mesmo: a consciencialização de que muitas das ações realizadas no presente somente terão resultados, visíveis, no futuro e que esta evidência não deve ser entendida como fator desmotivador da ação individual. É igualmente de extrema relevância a tomada de consciência de que a sustentabilidade não é uma finalidade, mas antes um caminho a percorrer que tem obrigatoriamente que ser traçado pela partilha de responsabilidade, pela inclusão e pelo entendimento baseado na negociação (Lockie, 2016).

REFLEXÕES FINAIS

A mudança de paradigma no papel do ser humano perante a biosfera em que se integra, enquanto ser intelectualmente evoluído e superiormente capaz a quem é confiada a gestão consciente dos recursos naturais, mas não a posse nem o domínio do meio ambiente, é absolutamente fundamental para se seguir a via do desenvolvimento sustentável perene e acessível a todos (Oliveira & Archer, 2015).

Para além da importância fundamental da ética e dos direitos humanos no processo de educação para o desenvolvimento sustentável, outros valores e competências pessoais são também relevantes e deverão ser trabalhados pelas escolas, desde os níveis básicos: o apreço pela diversidade cultural e a importância desta diversidade para o desenvolvimento sustentável, o respeito pela biosfera enquanto meio de proteção e provedor de recursos essenciais, a educação para o consumo consciente e não descartável, o interesse em procurar soluções adaptadas à comunidade em que se insere o indivíduo, a vontade de participar ativamente na construção de soluções locais para o desenvolvimento sustentável (United Nations Framework Convention for Climate Change, 2014).

A capacitação dos valores da cidadania exige um processo de interiorização que poderá, ou não, ser reforçado no contexto familiar pela partilha dos mesmos ideais e pela imitação e reprodução das mesmas práticas (Bourdieu, 2018). Os valores da cidadania universal e da responsabilidade social são extremamente influenciados pelos exemplos da comunidade em

que um indivíduo se insere e as instituições de ensino têm um papel fundamental na promoção destes valores porque são fonte de conhecimento e, por isso, promotores privilegiados de informação rigorosa, baseada em factos científicos e históricos, isenta de enviesamentos (Leal Filho & Pace, 2016).

No caso dos problemas comuns da energia e do ambiente e, em particular, na persecução da redução das emissões de dióxido de carbono para a atmosfera cabe a cada cidadão:

1. tomar consciência do impacto das suas ações e escolhas no meio ambiente enquanto consumidor de energia e de bens em geral. A produção diária de lixo, a acumulação de bens materiais sem utilidade ou que são facilmente descartados, o desperdício alimentar são apenas alguns exemplos do quotidiano que revelam o impacto que cada um de nós tem no meio ambiente;
2. questionar as opções de consumo e de utilização de meios de transporte que fazemos. Que alternativas são possíveis no contexto e estilo de vida de cada indivíduo? Muitas vezes as melhores opções sob o ponto de vista ambiental são também as melhores para a saúde individual, embora possam não ser as mais populares no círculo social. A grande maioria das sociedades ocidentalizadas adota estilos de vida com níveis de consumo tão elevados que, se estes fossem praticados por toda a população mundial, poriam em risco a continuidade da humanidade.

Os governos têm responsabilidades acrescidas em matéria de energia e de ambiente sobretudo no que respeita aos serviços públicos de produção de eletricidade e de meios de transporte. A primeira responsabilidade que merece referência é a da transparência nas políticas e nas decisões que não devem ser tomadas por influência de interesses nem por populismo. As medidas difíceis têm que ser bem justificadas e explicadas e, sobretudo, o estado tem que ser exemplo. O esforço nacional para atingir, em 2050, objetivos tão ambiciosos, como os que são preconizados pela política europeia para as alterações climáticas e traduzidos na intenção nacional declarada no âmbito do Acordo de Paris, apenas poderá ser alcançado com a adoção conjunta de diferentes estratégias, que se enquadram num contexto individual e local, mas que tem que ser suportado por estratégias de abrangência nacional e correspondente políticas (Oliveira, 2015).

Outra responsabilidade dos governos, também de extrema relevância, é a de tomar decisões e definir políticas com base em evidência científica, à luz dos melhores critérios existentes, evidentemente. Isto significa

envolver o meio académico, de forma não tendenciosa, na auscultação e na consultoria de apoio à tomada de decisões. Por último os governos têm também a responsabilidade de disponibilizar informação correta e adequada e de manter serviços públicos de bases de dados acessíveis a todos os cidadãos.

AGRADECIMENTOS

A Unidade de Investigação UFP em Energia, Ambiente e Saúde (FP-ENAS) é acreditada e financiada pela FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, I. P. O presente trabalho foi financiado pela FCT, I. P., através de fundos nacionais – projeto UID/Multi/4546/2019.

REFERÊNCIAS

- Abas, N. & Khan, N. (2014). Carbon conundrum, climate change, CO₂ capture and consumptions. *Journal of CO₂ Utilization*, 8, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2014.06.005>
- Academia das Ciências de Lisboa. (2001). *Dicionário da língua portuguesa contemporânea* (Vol. 1). Lisboa: Verbo.
- Bauman, Z. (1998). *O mal-estar da pós-modernidade*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Berner, R. A. & Kothavala, Z. (2001). Geocarb III: a revised model of atmospheric CO₂ over phanerozoic time. *American Journal of Science*, 301(2), 18-04. <https://doi.org/10.2475/ajs.301.2.182>
- Bourdieu, P. (2018). *O poder simbólico*. Lisboa: Edições 70.
- BP, British Petroleum. (2018). *BP statistical review of world energy*. Retirado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>
- Comissão das Comunidades Europeias. (2006). *Livro verde: estratégia Europeia para uma energia sustentável, competitiva e segura* {SEC(2006) 317}. Retirado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=LEGISSUM%3A127062>
- Decisão n.º 1386/2013, de 20 de novembro, União Europeia
- Direção-Geral de Energia e Geologia. (2018a). *Balanço energético sintético 2016*. Retirado de <http://www.dgeg.gov.pt/>

Direção-Geral de Energia e Geologia. (2018b). *Energia em Portugal 2016*. Retirado de <http://www.dgeg.gov.pt/>

European Academies' Science Advisory Council. (2018). *Negative emission technologies: what role in meeting Paris Agreement targets?* Retirado de <https://www.sapea.info/wp-content/uploads/EASAC-Report-on-NETs-Feb2018.pdf>

Eurostat, the Statistical Office of the European Union. (2018). *Simplified energy balances - annual data: nrg_100a* [database]. Retirado de <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/supply-transformation-consumption-all-products>

Geddes, P. (1915). *Cities in evolution: an introduction to the town planning movement and to the study of civics*. Londres: Williams & Norgate.

International Energy Agency. (2004). *Energy statistics manual*. Paris: International Energy Agency publications. Retirado https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/statmanuals/files/Energy_statistics_manual_2004_EN.pdf

International Energy Agency. (2013). *Redrawing the energy-climate map. World energy outlook 2013 special report*. Retirado de <https://webstore.iea.org/weo-2013-special-report-redrawing-the-energy-climate-map>

International Energy Agency (IEA) & International Renewable Energy Agency (IRENA) (2017). *Perspectives for the energy transition – investment needs for a low-carbon energy system*. Retirado de http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Perspectives_for_the_Energy_Transition_2017.pdf

Le Quéré, C. et al. (2015). Global Carbon Budget 2014. *Earth System Science Data*, 7, 47–85. <https://doi.org/10.5194/essd-7-47-2015>

Le Quéré, C. et al. (2016). Global carbon budget 2016. *Earth System Science Data*, 8(2), 605-649. <https://doi.org/10.5194/essd-8-605-2016>

Leal Filho, W. & Pace, P. (2016). Teaching education for sustainable development: implications on learning programmes at higher education. In W. Leal Filho & P. Pace (Eds.), *Teaching education for sustainable development at university level*(pp. 1-6). Cham: Springer.

Lockie, S. (2016). Sustainability and the future of environmental sociology. *Environmental Sociology*, 2(1), 1-4. <https://doi.org/10.1080/23251042.2016.1142692>

National Academies of Sciences Engineering and Medicine. (2016). *Pathways to urban sustainability: challenges and opportunities for the United States*. Washington, DC: The National Academies Press.

- Oliveira, G. M. & Archer, A. B. (2015). Ambiente e desenvolvimento sustentável: educação para a ética e cidadania. *Sensos*, 5(2), 185-200. Retirado de <http://sensos.ese.ipp.pt/revista/index.php/sensos/article/view/221>
- Oliveira, G. M. & Sousa, M. J. (2013). Energia e ambiente para um futuro sustentável. In P. Cunha, A. Toscano, C. Barros, C. Toriz Ramos, G. Jolluskin, I. C. Leite, I. Silva, J. S. Martins, M. Coutinho, N. A. Barros, P. Cardoso & T. Toldy, *Construir a paz: visões interdisciplinares e internacionais sobre conhecimentos e práticas* (pp. 201-211). Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa. Retirado de <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/3951>
- Oliveira, G. M. (2015). *Os desafios da estratégia Pós-Kyoto*. Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa.
- Oliveira, G. M. & Sousa, M. J. L. (2012). O papel do carvão na energia mundial: passado, presente e futuro. In M. J. L. de Sousa; C. F. Rodrigues & M. A. P. Dinis (Eds.), *O carvão na actualidade, Vol. 1 – petrologia, métodos analíticos, classificação e avaliação de recursos e reservas, papel no contexto energético, carvão em Portugal* (pp. 243-307). Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa & Academia das Ciências de Lisboa.
- ONU. (1992). *United Nations framework convention on climate change*. Retirado de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>:
- ONU. (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development – resolution adopted by the UN General Assembly on 25 September 2015*. Retirado de http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf
- Rothman, D. H. (2015). Earth's carbon cycle: a mathematical perspective. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 52(1), 47-64. <https://doi.org/10.1090/S0273-0979-2014-01471-5>
- Unesco & United Nations Framework Convention for Climate Change. (2016). *Action for climate empowerment: guidelines for accelerating solutions through education, training and awareness-raising*. Retirado de https://unfccc.int/sites/default/files/action_for_climate_empowerment_guidelines.pdf
- Unesco (2014). *Aichi-Nagoya declaration on education for sustainable development*. Retirado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231074>
- United Nations Framework Convention for Climate Change (2014). *The Lima ministerial declaration on education and awareness-raising*. Draft decision-/CP.XX. Revised proposal by the President. FCCC/CP/2014/L.1/Rev.1 (pp. 2). Geneva: Lima Climate Change Conference.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Development and international cooperation: environment. Report of the World Commission on environment and development*. UN Documents.

Yang, T. (2006). Towards an egalitarian global environmental ethics. In H. A. M. J. T. Have (Ed.), *Environmental ethics and international policy* (pp. 23-45). Paris: Unesco.

Citação:

Oliveira, G. M., Vidal, D. G., Maia, R. L., Estrada, R. & Sousa, M. J. L. (2020). O que significa descarbonizar? Uma visão da sociedade atual sem energia fóssil. In E. Araújo, M. Silva & R. Ribeiro (Eds.), *Sustentabilidade e descarbonização: desafios práticos* (pp. 9-27). Braga: CECS.