

ORÇAMENTOS DE CARBONO

DEPE, 6 de junho de 2022

Beatriz Soares

Índice

Glossário.....	3
Sumário executivo.....	4
Abstract.....	5
1. Introdução.....	6
2. Orçamento de carbono.....	6
2.1. Neutralidade carbónica e <i>net-zero</i>	9
2.1.1. Tecnologias de remoção de CO ₂	10
2.1.2. Setor privado: Iniciativa Science-Based Targets.....	14
3. A nível europeu.....	15
3.1. Contribuições determinadas nacionalmente (NDCs).....	15
3.2. Orçamentos de carbono a nível nacional/regional.....	15
3.2.1. Reino Unido.....	15
4. A nível de Portugal.....	16
4.1. Lei de Bases do Clima.....	16
4.2. RNC2050 e PNEC2030.....	17
Referências.....	20

Glossário

BECCS – Bioenergia com captura e armazenamento de CO₂ (*Bioenergy with carbon capture and storage*). Consiste na produção de energia através de biomassa que tenha capturado e armazenado o CO₂ da atmosfera.

CDR – Remoção de dióxido de carbono (*Carbon Dioxide Removal*). Refere-se a técnicas de remoção de CO₂ da atmosfera, chamadas de emissões negativas, nas quais estão incluídas BECCS, DACCS e NCS.

CELE – Comércio Europeu de Licenças de Emissão.

CO₂ – Dióxido de Carbono.

DACCS – Captura direta de CO₂ no ar e armazenamento (*Direct Air Carbon Capture and Storage*). Neste caso, o CO₂ é retirado diretamente da atmosfera, em vez de através de biomassa, como acontece no caso de BECCS, sendo, posteriormente, armazenado em reservatórios geológicos, terrestres ou oceânicos.

Gt – Gigatoneladas (10⁹ toneladas).

IPCC – Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

Mt – Milhões de toneladas (10⁶ toneladas).

NCS – Soluções climáticas naturais (*Natural Climate Solutions*). Consistem em medidas de remoção de CO₂ através de abordagens baseadas nos ecossistemas, como reflorestação, aforestação (florestação de zonas que não eram previamente florestas), gestão de florestas, *biochar*, agricultura de conservação, entre outros.

NDCs – Contribuições determinadas nacionalmente (*Nationally Determined Contributions*). São planos de ação climática onde os países estabelecem metas para mitigar as emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) e de adaptação às alterações climáticas. As Partes do Acordo de Paris têm a obrigação de elaborar NDCs e de fazer atualizações a cada cinco anos.

TCRE – (*Transient Climate Response to cumulative carbon Emissions*). Diz respeito à relação direta que se observa entre emissões históricas de CO₂ e o aumento da temperatura média global.

UNFCCC – Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (*United Nations Framework Convention on Climate Change*).

Sumário executivo

A temperatura média global, em relação aos níveis pré-industriais, aumentou em 1,07 °C, portanto, para que este aumento se mantenha entre os 1,5 °C e 2 °C, as emissões de GEE têm de diminuir e atingir a neutralidade carbónica, mantendo-se dentro do orçamento de carbono disponível.

A neutralidade carbónica consiste no equilíbrio entre as emissões e remoções antropogénicas de CO₂ durante um intervalo de tempo específico. Por sua vez, o *net-zero*, para além do CO₂, inclui também os restantes GEE, sendo que, para atingir este objetivo, 76 Partes do Acordo de Paris (83 países) comunicaram objetivos de *net-zero*.

O conceito de orçamento de carbono pode ser definido à escala global ou regional/nacional, sendo que ambos dizem respeito à quantidade de CO₂ que ainda pode ser emitido de forma a limitar a subida da temperatura média global a um determinado nível de acordo com uma certa probabilidade, tendo também em conta o efeito das emissões dos restantes GEE no orçamento.

Para além de medidas de mitigação de emissão de GEE, podem também ser utilizadas medidas de remoção de CO₂ (CDR), chamadas de emissões negativas, de foro natural (NCS) ou tecnológico (DACCS e BECCS).

À escala global o orçamento de carbono é definido para vários cenários pelo IPCC. No entanto, a nível da União Europeia, apesar de não existir um orçamento de carbono definido, existem contribuições determinadas nacionalmente (NDCs), ou seja, objetivos de redução de emissão de GEE a nível da UE (em 55%) e dos seus Estados-Membros (17% para Portugal).

Portugal, em oposição, por exemplo, ao Reino unido, ainda não tem um orçamento de carbono definido, sendo este um dos instrumentos, definido pela Lei de Bases do Clima e em conjunto com o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050) e o Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC2030), de planeamento para executar os objetivos climáticos em matéria de mitigação.

O RNC2050 delinea o percurso para a neutralidade de carbono e o PNEC2030 define metas nacionais alinhadas com a neutralidade carbónica e metas setoriais de redução de emissões de GEE até 2030.

Abstract

The average global surface temperature, relative to pre-industrial levels, has increased by 1.07 °C, so in order for this increase to remain between 1.5 °C and 2 °C, GHG emissions must decrease and achieve carbon neutrality while staying within the available carbon budget.

Net-zero CO₂ emissions are achieved when anthropogenic CO₂ emissions are balanced globally by anthropogenic CO₂ removals over a specified period. In turn, net-zero emissions, in addition to CO₂, also includes the other GHGs, and to achieve this goal, 76 Parties of the Paris Agreement (83 countries) have communicated a net-zero target.

The concept of carbon budget can be defined on a global or regional/national scale, both of which refer to the amount of CO₂ that can still be emitted worldwide without exceeding a given level of global warming with a certain probability, while also taking into account the effect of other GHGs emissions on the carbon budget.

In addition to GHG emission mitigation measures, CO₂ removal measures (CDR), also referred to as negative emissions, natural (NCS) or technological (DACCS and BECCS) can also be used.

At the global scale, the carbon budget is defined for various scenarios by the IPCC. However, at the European Union level, although there is no defined carbon budget, there are nationally determined contributions (NDCs), i.e., GHG emission reduction targets at the EU level (by 55%) and its Member States (17% for Portugal).

Portugal, contrary to, for example, the United Kingdom, does not yet have a defined carbon budget, this being one of the instruments, defined by the Climate Framework Law and together with the Roadmap to Carbon Neutrality 2050 (RNC2050) and the National Plan for Energy and Climate 2030 (PNEC2030), used to implement climate objectives in terms of mitigation.

The RNC2050 outlines the pathway to carbon neutrality and the PNEC2030 defines national targets aligned with carbon neutrality and sectoral GHG emission reduction targets by 2030.

1. Introdução

A temperatura média global, em relação aos níveis pré-industriais, aumentou em 1,07 °C. Por forma a manter este aumento entre os 1,5 °C e 2 °C, as emissões de GEE têm de diminuir e atingir a neutralidade carbónica (ou *Net Zero CO₂ emissions*), isto é, emissões líquidas de CO₂ antropogénico nulas, o que corresponde a um equilíbrio entre as emissões antropogénicas de CO₂ e as remoções antropogénicas de CO₂ durante um período específico de tempo (Mazzai, 2021; IPCC, 2021; IPCC, 2018).

A velocidade à qual a neutralidade carbónica é atingida depende dos objetivos determinados pelos decisores políticos (baseados no conhecimento científico existente), sendo que no contexto da UNFCCC alguns países têm mais tempo para atingir este objetivo. No entanto, observa-se que os atuais compromissos estabelecidos pelas Partes do Acordo de Paris, mesmo que atingidos, não são suficientes para se cingirem ao orçamento que limita o aumento da temperatura a 1,5 °C (Mazzai, 2021). Caso as emissões não comecem a diminuir na próxima década, o ponto de neutralidade carbónica teria de ser atingido, pelo menos, duas décadas mais cedo, por forma a se manter no mesmo orçamento de carbono (IPCC, 2018).

2. Orçamento de carbono

O conceito de orçamento de carbono pode ser definido a duas escalas: global e regional, nacional ou subnacional (IPCC, 2018).

O orçamento de carbono global diz respeito à quantidade acumulada máxima de emissões líquidas globais de CO₂ antropogénico, o principal GEE, que resultariam na limitação do aquecimento global a um determinado nível com uma dada probabilidade, tendo em conta o efeito de outros GEE, cujos efeitos no orçamento de carbono dependem da forma em como são mitigados e dos seus efeitos resultantes (IPCC, 2021; Erbach, 2021).

O orçamento de carbono global pode ser dividido em orçamento total, quando expresso a partir do período pré-industrial, do qual emissões históricas determinam o aumento de temperatura que se regista atualmente, e como orçamento remanescente, quando expresso a partir de uma data recente específica e que indica a quantidade de CO₂ que ainda pode ser emitida (emissões futuras), mantendo o aumento de temperatura abaixo de um certo nível (IPCC, 2021). Ao reduzir as emissões anuais globais de CO₂ até se atingir a neutralidade carbónica é possível manter as emissões acumuladas de CO₂ dentro de um orçamento disponível (Mazzai, 2021).

As estimativas do orçamento restante são apresentadas, pelo IPCC, para níveis de subida de temperatura de 1,5 °C, 1,7 °C e 2 °C de acordo com diferentes probabilidades (17%, 33%, 50%, 67% e 83%) tendo como referência o ano de 2020 (Figura 1).

Global Warming Between 1850–1900 and 2010–2019 (°C)		Historical Cumulative CO ₂ Emissions from 1850 to 2019 (GtCO ₂)					
1.07 (0.8–1.3; likely range)		2390 (± 240; likely range)					
Approximate global warming relative to 1850–1900 until temperature limit (°C) ^a	Additional global warming relative to 2010–2019 until temperature limit (°C)	Estimated remaining carbon budgets from the beginning of 2020 (GtCO ₂)					Variations in reductions in non-CO ₂ emissions ^c
		Likelihood of limiting global warming to temperature limit ^b					
		17%	33%	50%	67%	83%	
1.5	0.43	900	650	500	400	300	Higher or lower reductions in accompanying non-CO ₂ emissions can increase or decrease the values on the left by 220 GtCO ₂ or more
1.7	0.63	1450	1050	850	700	550	
2.0	0.93	2300	1700	1350	1150	900	

^a Values at each 0.1°C increment of warming are available in Tables TS.3 and 5.8.

^b This likelihood is based on the uncertainty in transient climate response to cumulative CO₂ emissions (TCRE) and additional Earth system feedbacks and provides the probability that global warming will not exceed the temperature levels provided in the two left columns. Uncertainties related to historical warming (±550 GtCO₂) and non-CO₂ forcing and response (±220 GtCO₂) are partially addressed by the assessed uncertainty in TCRE, but uncertainties in recent emissions since 2015 (±20 GtCO₂) and the climate response after net zero CO₂ emissions are reached (±420 GtCO₂) are separate.

^c Remaining carbon budget estimates consider the warming from non-CO₂ drivers as implied by the scenarios assessed in SR1.5. The Working Group III Contribution to AR6 will assess mitigation of non-CO₂ emissions.

Figura 1 – Estimativas de emissões históricas de CO₂ e orçamentos de carbono restantes (IPCC, 2021).

As emissões anuais de CO₂ estimam-se ser de 42 Gt por ano (ou 1 337 toneladas por segundo), o que significa que, caso mantidas, o orçamento restante para atingir uma subida de 1,5 °C seria utilizado em 7 anos e 11 meses, tendo como referência o ano de 2020, e para uma subida de 2 °C em 25 anos e 8 meses (Erbach, 2021; MCC, 2021). Para uma probabilidade de 50% de ficar abaixo dos 1,5 °C, o orçamento de carbono seria de 580 GtCO₂, cerca de 12 anos de emissões atuais (Erbach, 2021). Estes cálculos baseiam-se na hipótese de que, a partir de 2021, as emissões permanecerão ao nível de 2019 (Figura 2) (MCC, n.d.).

Por outro lado, ficar dentro de um orçamento de carbono restante de 580 GtCO₂ significa que as emissões de CO₂ atingem a neutralidade carbónica em cerca de 30 anos e em 20 anos no caso de um orçamento de 420 GtCO₂ (IPCC, 2018).

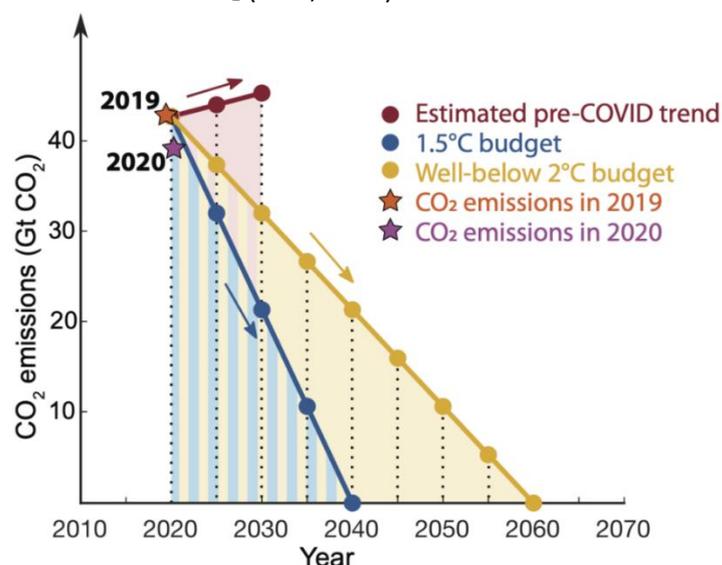


Figura 2 – Timeline para a neutralidade carbónica para um aumento de 1,5 °C e de 2 °C e a trajetória esperada das emissões globais antes da crise do coronavírus (Tokarska & Matthews, 2021).

A definição dos orçamentos de carbono surge com alguns fatores de incerteza, como (Tokarska & Matthews, 2021; Rogelj & Forster, 2019; Hausfather & Betts, 2020; MCC, n.d.)<https://www.kasiatokarska.com/>:

- A estimativa de aquecimento global até aos dias de hoje;
- O total histórico de emissões de CO₂;
- A fração do aumento de temperatura que é causado por CO₂ em comparação com emissões de GEE que não sejam CO₂;
- Aquecimento futuro assumido de emissões de GEE que não sejam CO₂ e a incerteza associada à resposta do sistema climático a estas emissões;
- O aquecimento ainda por acontecer causado por emissões que já se encontram na atmosfera, principalmente quando atingida a neutralidade carbónica, pois existe um atraso entre a concentração de emissões na atmosfera e o seu impacto na temperatura;
- A relação entre as emissões acumuladas de CO₂ e o aquecimento global (em inglês, *transient climate response to cumulative carbon emissions* ou TCRE), uma vez que o conceito de orçamento de carbono se baseia na relação entre as emissões cumulativas e o aumento de temperatura (Figura 3);
- Emissões extra dos processos ou *feedback* dos sistemas terrestres que normalmente não são incluídos nos modelos utilizados para fazer estas estimativas, como o derreter do *permafrost*, a redução da absorção de CO₂ pelos oceanos e solo e o acelerar da morte de árvores e do risco de incêndios florestais (fatores que afetam o ciclo do carbono).

A incerteza de como o *feedback* do ciclo de carbono pode afetar o aumento da temperatura média global fornece mais uma razão para os decisores políticos apoiarem vias de mitigação ambiciosas (Hausfather & Betts, 2020). O mesmo se aplica a emissões de GEE que não CO₂, uma vez que estas dependem de políticas e desenvolvimento tecnológico, e, assim, reduções exigentes de emissões de GEE que não sejam CO₂ podem, proporcionar, até certo ponto, uma opção para alcançar objetivos climáticos mais rigorosos com o mesmo orçamento de carbono (IPCC, 2022).

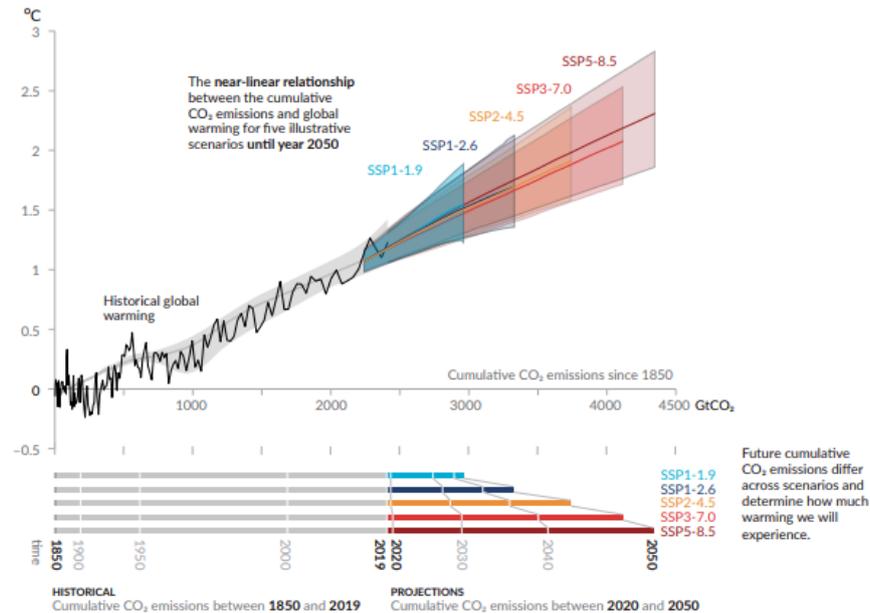


Figura 3 – Relação quase linear entre as emissões acumuladas de CO₂ e o aumento da temperatura global à superfície (TCRE) (IPCC, 2021).

2.1. Neutralidade carbónica e *net-zero*

A neutralidade carbónica diz respeito ao equilíbrio entre as emissões antropogénicas de CO₂ e as remoções antropogénicas de CO₂ durante um intervalo de tempo específico. O *net-zero*, para além do CO₂, inclui também os restantes GEE, sendo que quando estão envolvidos vários GEE, a quantificação das emissões líquidas neutras depende da métrica climática escolhida para comparar as emissões de diferentes gases, como o potencial de aquecimento global, bem como do horizonte temporal escolhido (IPCC, 2018). Tal implica uma redução das emissões líquidas ao reduzir a procura de energia, descarbonizar o sistema de energia e remover CO₂ da atmosfera (Bassetti, 2021). A maior parte das reduções globais das emissões de CO₂ até 2030, num percurso de *net-zero*, provêm de tecnologias disponíveis atualmente, mas, em 2050, quase metade das reduções provêm de tecnologias que ainda se encontram em fase de demonstração ou de protótipo (IEA, 2021a).

Na Figura 4 são apresentados os principais objetivos para atingir o *net-zero*.

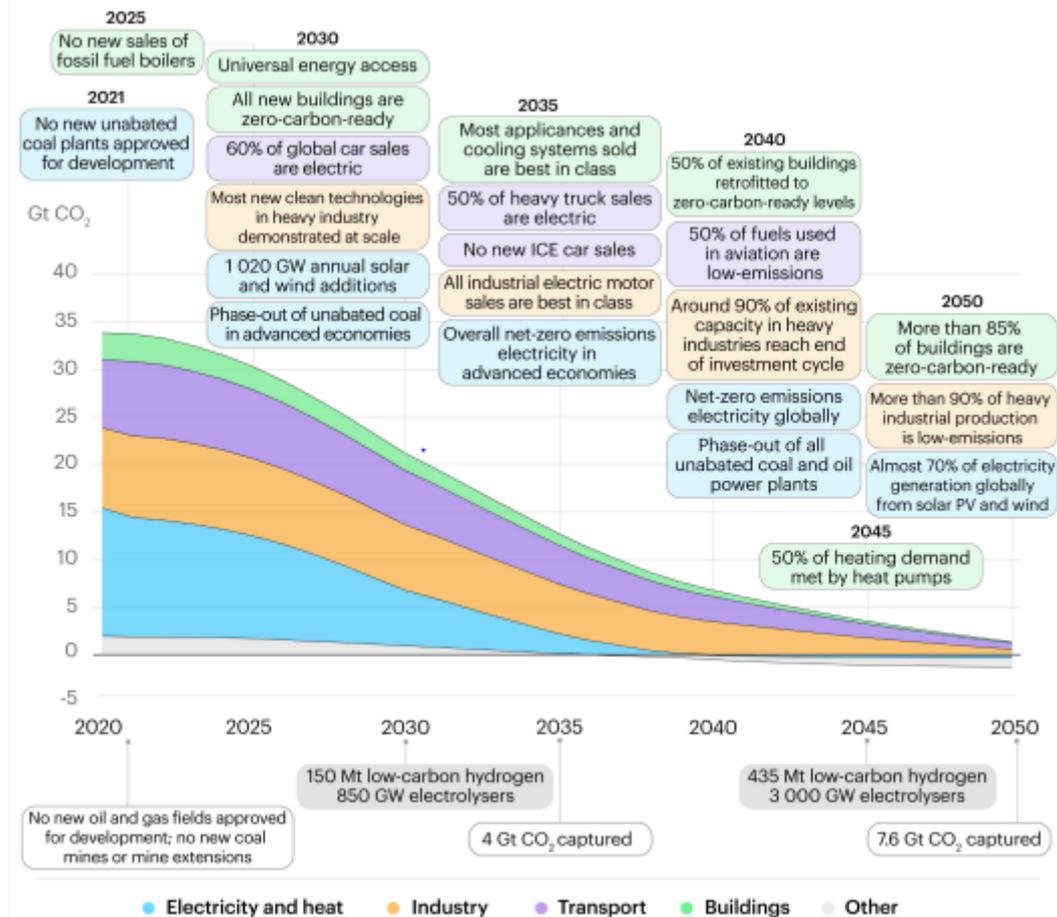


Figura 4 - Principais objetivos para atingir o net-zero (IEA, 2021b).

Para atingir este objetivo, 76 Partes comunicaram objetivos de *net-zero*, representando 83 países e 74,2% das emissões globais de GEE (CWNZT, 2021). No entanto, os compromissos climáticos assumidos pelos governos até à data mostram-se muito aquém do que é necessário para atingir a neutralidade carbónica a nível mundial até 2050 em emissões relacionadas com o setor da energia (IEA, 2021b).

2.1.1. Tecnologias de remoção de CO₂

A remoção de CO₂ (CDR) engloba atividades antropogénicas para remoção de CO₂ da atmosfera e o seu armazenamento duradouro em reservatórios geológicos, terrestres ou oceânicos, ou em produtos, incluindo captura direta de CO₂ no ar e armazenamento (DACCS), bioenergia com captura e armazenamento de CO₂ (BECCS) e a melhoria dos sumidouros biológicos ou geoquímicos de CO₂ (NCS), mas excluindo a absorção natural de CO₂ que não seja diretamente causada por atividades humanas (IPCC, 2018).

DACCS é um processo químico que captura CO₂ diretamente do ar com armazenamento subsequente, representando uma opção para redução de emissões de fontes de indústria e energia à base de combustíveis fósseis de grande escala (IPCC, 2018; IPCC, 2022).

BECCS consiste na captura de CO₂ a partir de biomassa, podendo ser aplicado à indústria de bioenergia (IPCC, 2018; IPCC, 2022).

Na Figura 5 são apresentados os cenários com e sem CDR (neste caso, DACCS e BECCS) para um consumo inalterado de combustíveis fósseis, limitando a uma subida de 1,75 °C com uma probabilidade de 66%.

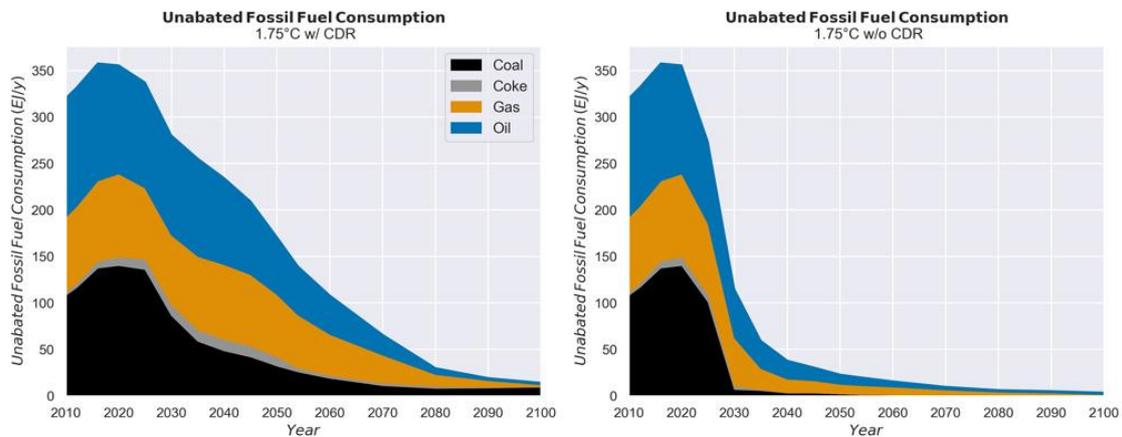


Figura 5 – Cenários com e sem CDR que limitam a subida de temperatura em 1,75 °C com 66% de probabilidade tendo em conta um consumo inalterado de combustíveis fósseis entre 2010 e 2100 (Grant & Gambhir, 2021).

O cenário sem CDR implicaria medidas mais ambiciosas, como a implantação de 1 000 GW de capacidade renovável por ano até meados da década de 2020 (quatro vezes superior aos valores de 2020), redução na procura de atividades poluidoras, como aviação, e um aumento da utilização de combustíveis baixos em carbono, como o hidrogénio (Grant & Gambhir, 2021).

Na Figura 6 são apresentados cenários convencionais sem CDR (a e b) e cenários onde existe uma dissuasão de medidas de mitigação ao longo do horizonte temporal e falhas nas tecnologias CDR (c) e onde a mitigação continua, adicionalmente com tecnologias CDR (d) (Grant & Gambhir, 2021).

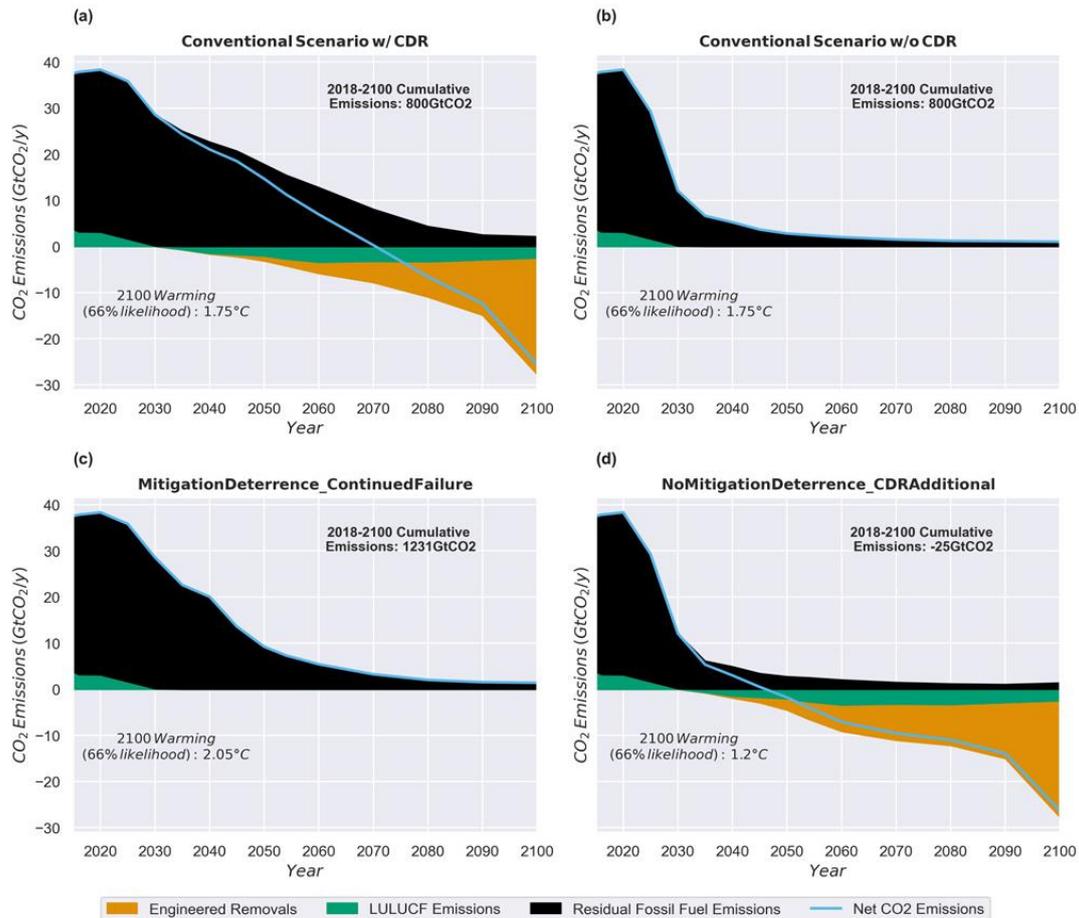


Figura 6 – Cenários convencionais com e sem CDR (a e b), cenário sem medidas de mitigação e falhas no CDR (c) e cenário com medidas de mitigação e CDR (d) (Grant & Gambhir, 2021).

Tecnologias CDR (DACCS e BECCS) podem ser utilizadas para assegurar contra o risco de o orçamento de carbono ser inferior ao esperado e para permitir continuar a consumir combustíveis fósseis no percurso até atingir o *net-zero*, suavizando a transição para a descarbonização, que é a forma como o CDR é utilizado na maioria dos cenários modelo. No entanto, a disponibilidade futura destas tecnologias é incerta, pelo que não deve haver uma forte dependência em CDR, mas sim objetivos e ambições mais elevados para o futuro próximo por parte dos decisores políticos (Grant & Gambhir, 2021; Bassetti, 2021).

NCS refere-se a sequestro natural de carbono através de, por exemplo, reflorestação, gestão de florestas, *biochar*¹, entre outros (Hausfather, 2018).

As figuras 7 e 8 mostram o potencial de remoção, entre 2018 e 2100, para diferentes tipos de soluções e o potencial de reflorestação por país, respetivamente.

¹ Carvão adicionado aos solos agrícolas para sequestrar o carbono. Os autores estimam que cerca de 80% do carbono adicionado ao solo através do *biochar* permaneceria no solo durante, pelo menos, 100 anos. Estima-se que o *biochar* tem um potencial de sequestro entre 53 e 121 GtCO₂, com uma melhor estimativa de 91 GtCO₂ e um potencial economicamente eficiente de 27 GtCO₂ (Hausfather, 2018).

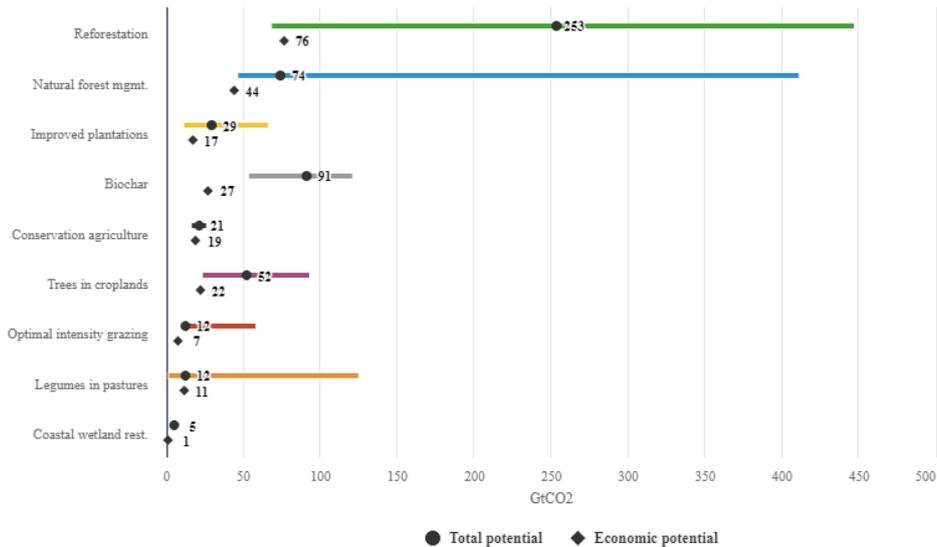


Figura 7 – Potenciais de remoção para vários tipos de NCS, em GtCO₂ acumulado entre 2018 e 2100, baseados na taxa de sequestro e horizonte temporal antes de o sistema estar saturado e não conseguir armazenar mais carbono. Os círculos mostram as melhores estimativas do potencial total e os diamantes mostram o potencial económico a um custo inferior a 100 dólares por tonelada de CO₂ removido (Hausfather, 2018).

Soluções NCS rentáveis têm o potencial de contribuir com uma porção considerável de remoções, desde que as reduções de emissões ocorram rapidamente. Modelos com reduções de emissões mais graduais requerem muito mais emissões negativas (remoção de CO₂) no final do século do que medidas NCS com uma boa relação custo-eficácia podem proporcionar (Hausfather, 2018).

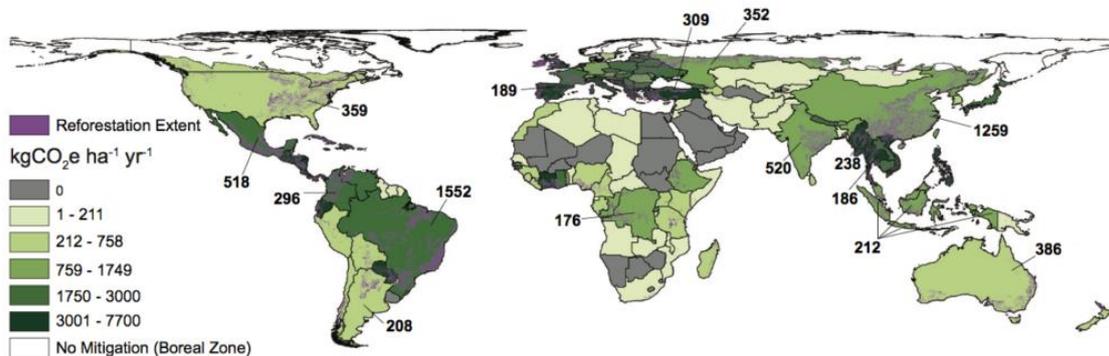


Figura 8 – Potencial de reflorestação por país (em kg de CO₂eq por ha e por ano), com áreas adequadas para reflorestação a roxo (Hausfather, 2018).

Existem muitos benefícios potenciais na aplicação de NCS, no entanto a remoção e armazenamento de CO₂ através da vegetação e da gestão do solo pode ser revertida por perturbações humanas ou naturais (armazenamento via BECCS, DACCS, alcalinização dos oceanos² e *biochar* é menos suscetível a que seja revertido) e aumentar a escala deste tipo de soluções pode ser revelar-se um desafio, dados os numerosos proprietários de terras de pequena escala envolvidos na gestão de terrenos pelo mundo (IPCC, 2022; Hausfather, 2018).

² Adição de substâncias alcalinas (minerais, como a olivina, ou substâncias artificiais, como a cal ou alguns subprodutos industriais) à água do mar para melhorar a sua capacidade de sumidouro natural. A adição de alcalinidade remove CO₂ da atmosfera através de uma série de reações que convertem o CO₂ dissolvido em bicarbonato e moléculas de carbonato, o que por sua vez faz com que o oceano absorva mais CO₂ da atmosfera para restabelecer o equilíbrio (Institute for Carbon Removal Law and Policy, 2020).

Na Figura 9 estão representados um conjunto de tecnologias CDR que contribuem para a remoção de CO₂ da atmosfera.

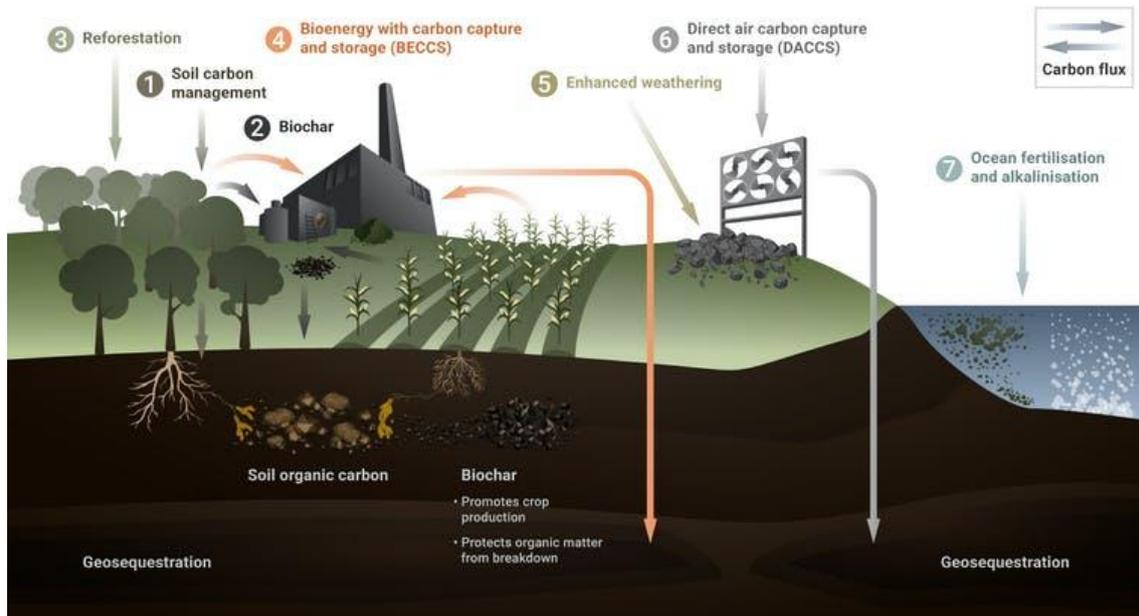


Figura 9 - Tecnologias de remoção de CO₂ (Cowie et al., 2020).

2.1.2. Setor privado: Iniciativa Science-Based Targets

Ao nível do setor privado existe a iniciativa *Science-Based Targets*, a qual traduz o conceito de orçamento de carbono em objetivos para empresas privadas, mais de 1 200, e é uma colaboração entre *Carbon Disclosure Project* (CDP), *World Resources Institute* (WRI), *Worldwide Fund for Nature* (WWF) e *United Nations Global Compact* (UNGC) (Mazzai, 2021).

A iniciativa *Science-Based Targets* mostra às organizações quanto e quão rapidamente têm de reduzir as suas emissões de GEE para prevenir os piores efeitos das alterações climáticas. Os objetivos são considerados "*science-based*" se estiverem de acordo com o necessário para cumprir os objetivos do Acordo de Paris (SBTi, n.d.). A iniciativa *Science-Based Targets* parte do orçamento de carbono disponível e chega a trajetórias de redução de emissões necessárias para diferentes setores, de acordo com cenários climáticos, definindo objetivos ao nível da empresa de acordo com a abordagem de alocação, principalmente, a Abordagem de Contração Absoluta³ e a Abordagem de Descarbonização Setorial⁴ (Mazzai, 2021).

Empresas com "*science-based targets*" reduziram as suas emissões combinadas em 25% entre 2015 e 2020 e estão no bom caminho para reduzir para metade as emissões entre 2020 e 2030 (Chang, 2021).

³ Abordagem utilizada na grande maioria das empresas para estabelecer metas de redução de emissões que estão alinhadas com as taxas de redução de emissões global e anual necessárias para cumprir 1,5 °C ou bem abaixo de 2 °C (Mazzai, 2021).

⁴ Método alternativo utilizado para algumas das atividades mais intensivas em carbono, como o transporte rodoviário, a aviação, a produção de eletricidade ou a produção de materiais básicos. O seu objetivo é fornecer às empresas um método específico ao setor para estabelecer os seus objetivos de emissões, tendo em conta as diferenças sectoriais e os potenciais de redução (Mazzai, 2021).

A iniciativa desenvolveu ainda o *Net-Zero Standard*, para o qual empresas aderentes, mais de 600, devem estabelecer objetivos a curto e a longo prazo para atingir o *net-zero* até 2050 (Chang, 2021).

3. A nível europeu

3.1. Contribuições determinadas nacionalmente (NDCs)

De acordo com o Acordo de Paris e os seus objetivos, os países devem determinar as suas metas de redução de emissões de acordo (Mazzai, 2021). Estes contêm informação acerca de metas, políticas e medidas para reduzir as emissões nacionais e para adaptar aos impactes das alterações climáticas. Os países devem comunicar NDCs novos ou atualizados a cada 5 anos a começar em 2020 (UNFCCC, 2022).

A nível europeu, a UE, na Lei Europeia do Clima, estabeleceu como objetivo conjunto da UE e dos seus Estados-Membros a redução doméstica líquida em, pelo menos, 55% das emissões de GEE até 2030 em relação a 1990, limitando a contribuição de CDR, por forma a assegurar que existem esforços de mitigação suficientes. Portugal terá de diminuir as suas emissões em 17% até 2030 em relação a 2005 para os setores que não estejam incluídos no CELE segundo o Regulamento (UE) 2018/842 (UNFCCC, 2020).

3.2. Orçamentos de carbono a nível nacional/regional

Para além dos orçamentos de carbono global estes também podem ser definidos à escala nacional/regional, correspondendo a limites de emissão de GEE estabelecidos na política e legislação climática a nível nacional ou regional (IPCC, 2018; Erbach, 2021). A UE não tem um orçamento de carbono definido formalmente, no entanto conta com o limite de emissões estabelecido no CELE, a alocação anual de emissões e a regra de “*no-debit*” no regulamento sobre LULUCF, os quais têm um efeito semelhante (Erbach, 2021).

Segundo o Regulamento (UE) 2021/1119 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de junho, “a Comissão deverá publicar o projeto de orçamento indicativo em matéria de gases com efeito de estufa da União para o período de 2030–2050, definido como o volume total indicativo das emissões líquidas de gases com efeito de estufa que se prevê sejam emitidas nesse período sem pôr em risco os compromissos assumidos pela União ao abrigo do Acordo de Paris, bem como a metodologia subjacente a esse orçamento indicativo.”

O Reino Unido, por exemplo, tem orçamentos de carbono definidos desde 2008 até 2037 em intervalos de cinco anos. Para atingir as metas do Acordo de Paris, os orçamentos nacionais ou regionais de carbono devem representar uma parte justa e equitativa do orçamento global de carbono (Erbach, 2021).

3.2.1. Reino Unido

O Reino Unido tem orçamentos de carbono definidos desde 2008, sempre com três quinquênios de avanço, tendo o mais recente sido definido em 2021 para o período entre 2033–2037, de 965 000 000 toneladas de CO₂eq, colocando uma restrição à quantidade total de gases com efeito de estufa que o Reino Unido pode emitir durante um período de 5 anos. Estes devem

estar de acordo com a meta estabelecida na secção 1 de *Climate Change Act*, de 2008, a qual estabelece que a “*net UK carbon account*⁵” (conta líquida de carbono do Reino Unido) em 2050 tem de ser, pelo menos, 100% inferior em relação a 1990, e com os requisitos da secção 5 do mesmo Ato (The Carbon Budget Order, 2021; Climate Change Act, 2008):

- a) Para o período orçamental incluindo o ano 2020, o equivalente anual do orçamento de carbono para o período seja pelo menos 34% inferior a 1990;
- b) [...]

O orçamento definido deve também assegurar que as obrigações europeias e internacionais do Reino Unido são cumpridas (The Carbon Budget Order, 2021).

Depois de calculada a conta líquida de carbono, esta é comparada com o orçamento de carbono, por forma a determinar se este foi cumprido (Department of Energy and Climate Change, 2014).

Uma vez estabelecido o sexto orçamento do carbono na legislação (período 2033–2037), o Ato exige que o governo publique um relatório sobre as políticas e propostas para cumprir com o orçamento (Climate Change Act, 2008). Este parece não ter sido ainda lançado.

4. A nível de Portugal

4.1. Lei de Bases do Clima

É na Lei de Bases do Clima que “o Estado Português [se] compromete a alcançar a neutralidade climática até 2050”, “tendo em vista o compromisso da neutralidade climática o mais tardar até 2045”, adotando “a meta, para o sumidouro líquido de CO₂ equivalente do setor do uso do solo e das florestas, de, em média, pelo menos, 13 megatoneladas, entre 2045 e 2050” e as seguintes metas de redução de emissão de GEE em relação a 2005 (Lei n.º 98/2021 de 31 de dezembro):

- a) Até 2030, uma redução de, pelo menos, 55 %;
- b) Até 2040, uma redução de, pelo menos, 65 a 75 %;
- c) Até 2050, uma redução de, pelo menos, 90 %.

Em relação aos orçamentos de carbono, a Lei de Bases do Clima inclui os mesmos nos instrumentos de planeamento para executar os objetivos climáticos em matéria de mitigação, em conjunto com a Estratégia de longo prazo (RNC2050) e o Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC2030). Este instrumento deverá ter em consideração o parecer da Comissão para a Ação Climática (CAC), emitido num prazo de 20 dias, e também ser submetido a consulta pública antes de ser apresentados na Assembleia da República (Lei n.º 98/2021).

Segundo a Lei de Bases do Clima, “os orçamentos de carbono estabelecem um limite total de cinco anos de emissões de gases de efeito de estufa, em alinhamento com os restantes instrumentos de política climática e as orientações internacionais, fazendo uma análise prospetiva da política climática para assegurar o cumprimento daquele limite”. Para os períodos de 2023–2025 e 2025–2030, os orçamentos de carbono são definidos no prazo de um ano após a

⁵ Esta é calculada primeiro ao calcular as emissões líquidas do Reino Unido, as quais são depois ajustadas para ter em conta unidades de carbono que tenham sido adquiridas para compensar emissões do Reino Unido e unidades de carbono que tenham sido atribuídas a uma terceira parte fora do Reino Unido. As regras de cálculo são explicadas em mais detalhe em *Carbon Accounting Regulations 2009* e *Carbon Accounting (Amendment) Regulations 2009* ([Department of Energy and Climate Change, 2014](#)).

entrada em vigor da lei de Bases do Clima. Este instrumento pode ser atualizado de cinco em cinco anos, devendo as atualizações ser apresentadas na Assembleia da República (Lei n.º 98/2021).

As sociedades podem também “definir um orçamento de carbono, estabelecendo um limite máximo total de emissões de gases de efeito de estufa que considere as metas previstas na presente lei” (Lei n.º 98/2021).

4.2. RNC2050 e PNEC2030

O Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050) delinea o percurso para a neutralidade de carbono de uma forma sustentada, estabelece as principais diretrizes e identifica opções economicamente eficientes para alcançar este fim em diferentes cenários de desenvolvimento socioeconómico (RNC2050, 2019).

Entre 2007 e 2017, Portugal foi responsável pela emissão de uma média de 69 MtCO₂ por ano (entre 54 e 74 MtCO₂), distribuídas em 25% na produção de energia, 25% em transportes, 23% na indústria, 10% na agricultura, 8% em resíduos e 8% em outros usos de energia. O total líquido de emissões e sumidouros de carbono é de, atualmente, 60 MtCO₂ (RNC2050, 2019).

Os cenários modelados oferecem apoio à viabilidade tecnológica da neutralidade de carbono até 2050, com base numa trajetória de redução de emissões de -45% a -55% até 2030, -65% a -75% até 2040 e -85% a -90% até 2050, em comparação com 2005, assumindo um valor de sumidouro de carbono entre -9 e -13 MtCO₂ (Figura 10) (RNC2050, 2019).

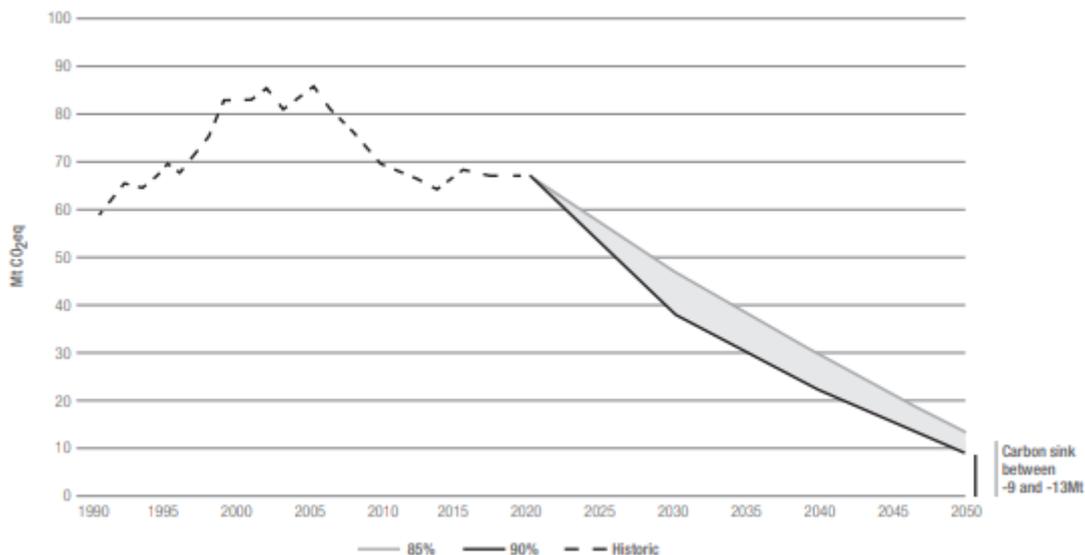


Figura 10 - Trajetória de redução de emissões entre 85% e 90% até 2050 em comparação com 2005 (RNC2050, 2019).

O potencial de redução para os setores identificados anteriormente foi também definido (Figura 11), resultando numa trajetória de redução potencial representada na Figura 12, onde, em 2050, as emissões restantes são compensadas pelo setor de Floresta e Uso do Solo.

SECTORS	2030	2040	2050
Energy	80% 81%	92%	96%
Industry	52% 48%	59% 60%	73% 72%
Buildings	48% 49%	73% 74%	85%
Transport	43% 46%	84% 85%	98%
Agriculture and land uses	36% 39%	37% 49%	38% 60%
Waste and wastewater	57% 58%	69% 71%	77% 80%

Figura 11 – Redução potencial de emissões para os diferentes setores, em relação a 2005 (RNC2050, 2019).

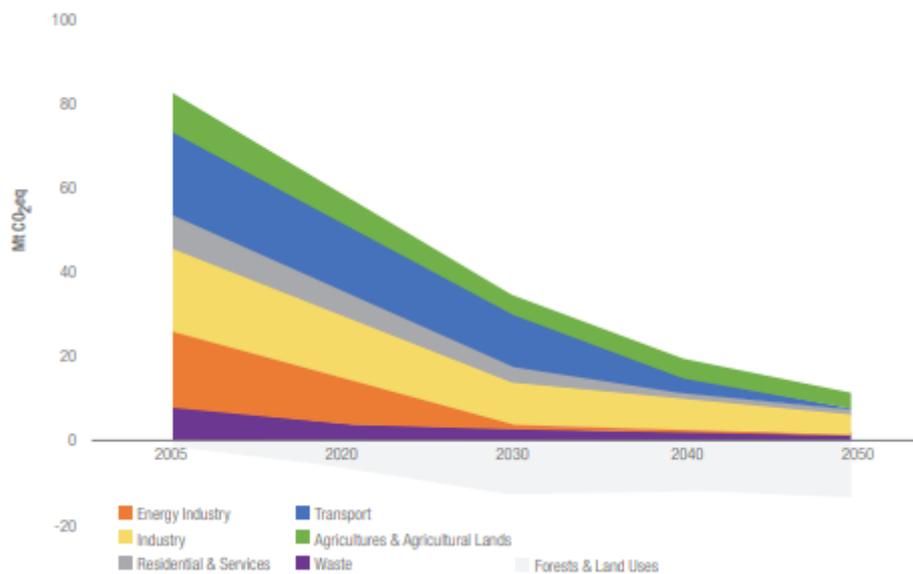


Figura 12 – Contribuição setorial para a trajetória de redução de emissões de GEE até 2050 (RNC2050, 2019).

O PNEC2030 identifica que é na década de 2021–2030 onde devem ocorrer os maiores esforços de redução de emissões de GEE, para que a economia nacional se alinhe com uma trajetória de neutralidade carbónica (RCM n.º 53/2020).

Para tal, foram definidas as seguintes metas nacionais, alinhadas com uma trajetória de neutralidade carbónica até 2050 (RCM n.º 53/2020):

- Reduzir entre 45 % e 55 % as emissões de gases com efeito de estufa, por referência às emissões registadas no ano de 2005 (Figura 13);
- Incorporar 47 % de energia de fontes renováveis no consumo final bruto de energia;
- Reduzir 35 % do consumo de energia primária com vista a uma melhor eficiência energética;
- Atingir 15 % interligações de eletricidade.

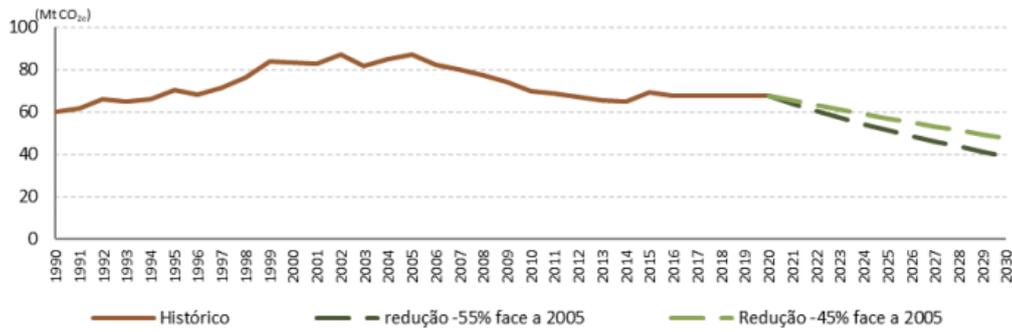


Figura 13 – Evolução das emissões de GEE e metas de redução estabelecidas no horizonte 2030, em MtCO₂eq (RCM n.º 53/2020).

Tendo em conta a distribuição das emissões de GEE pelos setores identificados no RNC2050, o PNEC2030 definiu as seguintes metas setoriais de redução de emissões de GEE até 2030, em relação a 2005 (RCM n.º 53/2020):

- a) 70 % no setor dos serviços;
- b) 35 % no setor residencial;
- c) 40 % no setor dos transportes;
- d) 11 % no setor da agricultura;
- e) 30 % no setor dos resíduos e águas residuais.

Na Figura 14 é apresentada a trajetória das emissões de GEE por setor, tendo em conta as metas estabelecidas.

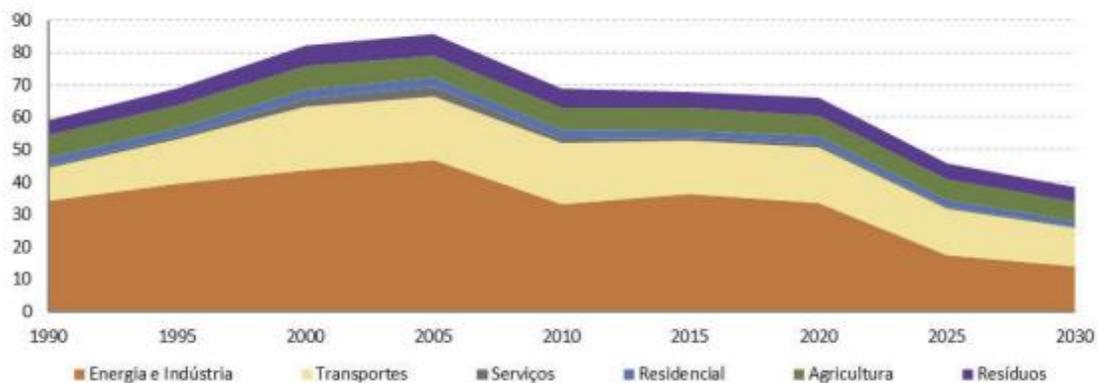


Figura 14 – Evolução das emissões de GEE por setor e metas de redução estabelecidas no horizonte 2030, em MtCO₂eq (RCM n.º 53/2020).

Referências

Bassetti, F. (2021, 3 de dezembro). Net Zero. *Foresight*. Acedido a 4 de julho de 2022 através de: <https://www.climateforesight.eu/seeds/net-zero/>

Chang, A. (2021, 29 de novembro). *What does the Net-Zero Standard mean for science-based targets?* Science Based Targets initiative. Acedido a 4 de julho de 2022 através de: <https://sciencebasedtargets.org/blog/what-does-the-net-zero-standard-mean-for-science-based-targets>

Climate Change Act (2008). UK Government. Acedido através de: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/27/contents>

CWNZT (2021). *Washington, DC: World Resources Institute*. Climate Watch Net-Zero Tracker. Acedido a 4 de julho de 2022 através de: <https://www.climatewatchdata.org/net-zero-tracker>

Department of Energy and Climate Change (2014). Final statement for the first carbon budget period. Acedido através de: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/310648/final_statement_first_carbon_budget_period.pdf

Erbach, G. (2021, setembro). Briefing: *Europeand Climate Law*. European Parliamentary Research Service (EPRS). Acedido através de: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/649385/EPRS_BRI\(2020\)649385_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/649385/EPRS_BRI(2020)649385_EN.pdf)

Grant, N. & Gambhir, A. (2021). Emissions should fall ‘twice as fast’ in case negative emissions fail. *Foresight*. Acedido a 4 de julho de 2022 através de: <https://www.carbonbrief.org/guest-post-emissions-should-fall-twice-as-fast-in-case-negative-emissions-fail/>

IEA (2021a, 18 de maio). *Press release: Pathway to critical and formidable goal of net-zero emissions by 2050 is narrow but brings huge benefits, according to IEA special report*. International Energy Agency. Acedido a 4 de julho de 2022 através de: <https://www.iea.org/news/pathway-to-critical-and-formidable-goal-of-net-zero-emissions-by-2050-is-narrow-but-brings-huge-benefits>

IEA (2021b, maio). *Net Zero by 2050: A roadmap for the Global Energy Sector*. International Energy Agency. Acedido através de: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7ebafc81-74ed-412b-9c60-5cc32c8396e4/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector-SummaryforPolicyMakers_CORR.pdf

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.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 541-562.

IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

IPCC (2022). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001.

Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro. Lei de Bases do Clima. Diário da República, 1.ª série – N.º 253.

Mazzai, A. (2021, 10 de dezembro). Carbon Budget. *Foresight*. Acedido a 1 de julho de 2022 através de: <https://www.climateforesight.eu/seeds/carbon-budget/>

MCC (2021, 16 de agosto). *MCC aligns Carbon Clock with new IPCC figures*. Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC). Acedido a 2 de julho de 2022 através de: <https://www.mcc-berlin.net/en/news/information/information-detail/article/mcc-aligns-carbon-clock-with-new-ipcc-figures.html>

MCC (n.d.). That's how fast the carbon clock is ticking. *Foresight*. Acedido a 4 de julho de 2022 através de: <https://www.mcc-berlin.net/en/research/co2-budget.html>

Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho. Aprova o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030). Diário da República, 1ª Série – N.º 133.

RNC2050 (2019, 6 de junho). Roadmap for carbon neutrality 2050: Long-term strategy for carbon neutrality of the Portuguese economy by 2050. Acedido através de: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RNC2050_EN_PT%20Long%20Term%20Strategy.pdf

Rogelj, J. & Forster, P. (2019, 17 de julho). *A new approach for understanding the remaining carbon budget*. Carbon Brief. Acedido a 2 de julho de 2022 através de: <https://www.carbonbrief.org/guest-post-refining-the-remaining-1-5c-carbon-budget/>

SBTi (n.d.). *How it works*. Science Based Targets initiative. Acedido a 4 de julho de 2022 através de: <https://sciencebasedtargets.org/how-it-works>

The Carbon Budget Order (2021). UK Government. Acedido através de: https://www.legislation.gov.uk/uksi/2021/750/pdfs/uksi_20210750_en.pdf

Tokarska, K. & Matthews, D. (2021, 19 de janeiro). *Refining the remaining 1.5C 'carbon budget'*. Carbon Brief. Acedido a 2 de julho de 2022 através de: <https://www.carbonbrief.org/guest-post-refining-the-remaining-1-5c-carbon-budget/>

UNFCCC (2020, 17 de dezembro). *The update of the nationally determined contribution of the European Union and its Member States*. United Nations Framework Convention on Climate Change.

Acedido através de https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/EU_NDC_Submission_December%202020_0.pdf

UNFCCC (2022). *NDC Synthesis Report*. United Nations Framework Convention on Climate Change. Acedido a 4 de julho de 2022 através de: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs/ndc-synthesis-report>