

MEMÓRIAS
DA
ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE
LISBOA

CLASSE DE CIÊNCIAS

TOMO XLVII
Volume 1

O Acordo de Paris e a
Geoengenharia

FILIPE DUARTE SANTOS



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE LISBOA

LISBOA • 2020

O Acordo de Paris e a Geoengenharia

FILIPE DUARTE SANTOS¹

1 – A HISTÓRIA DO ACORDO DE PARIS

No final da década de 1970 a comunidade científica e os governos de alguns países mais desenvolvidos reconheceram a necessidade de intensificar o desenvolvimento da investigação sobre o clima no quadro de programas internacionais. Após a Conferência Mundial do Clima realizada em Genebra, no ano de 1979, o International Council of Scientific Unions (ICSU) e a World Meteorological Organization (WMO) lançaram o World Climate Research Program (WCRP). As preocupações sobre as consequências do aumento da concentração atmosférica dos gases com efeito de estufa (GEE) tornaram-se mais generalizadas no seio de várias Agências das Nações Unidas e em 1985 por iniciativa do ICSU, WMO e do Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP) realizou-se em Villach, na Áustria, a “International Conference on the Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts” (WMO, 1986).

A conferência e os documentos científicos que a sustentaram foram preparados por um conjunto de cientistas empenhados na problemática do clima, entre os quais se destacou Bert Bolin, professor de meteorologia na Universidade de Estocolmo de 1961 a 1990. Com ela deu-se um ponto de viragem na perceção governamental e pública da problemática das alterações climáticas. Como é natural e previsível, os cientistas presentes insistiram fortemente na necessidade de intensificar o esforço de investigação embora adotando uma posição moderadamente ativista sobre a gravidade do problema face aos conhecimentos já adquiridos e à necessidade de lhe dar respostas adequadas.

Nos anos e décadas seguintes, a questão das alterações climáticas tornou-se um tópico frequente nos meios de comunicação social e passou a integrar a agenda das preocupações dos movimentos ambientalistas. Uma das razões que despoletou um interesse crescente foram as sucessivas ondas de calor e secas que se verificaram em vários pontos do globo e em particular nos E.U.A. no ano de 1988. Foi nesse ano, em 9 de Maio, que o cientista James Hansen, então diretor do Goddard Institute for Space Studies da NASA, foi chamado a fazer uma intervenção no Subcomité dos Transportes do Senado dos EUA sobre a onda de calor que tinha afetado o país. Nessa intervenção que ficou célebre James Hansen afirmou que as ondas de calor mais frequentes resultavam das alterações climáticas e que se não se diminuíssem as emissões antropogénicas de GEE as consequências da mudança do clima seriam progressivamente mais gravosas (Figura 1).

Contudo a nível mundial, o número de cientistas que se dedicavam a esta problemática era apenas da ordem das poucas dezenas e estavam dispersos em várias áreas da ciência. Era necessário focar as investigações e promover a cooperação interdisciplinar para poder responder às questões que se

¹ Universidade de Lisboa (ce3c.ciencias.ulisboa.pt)

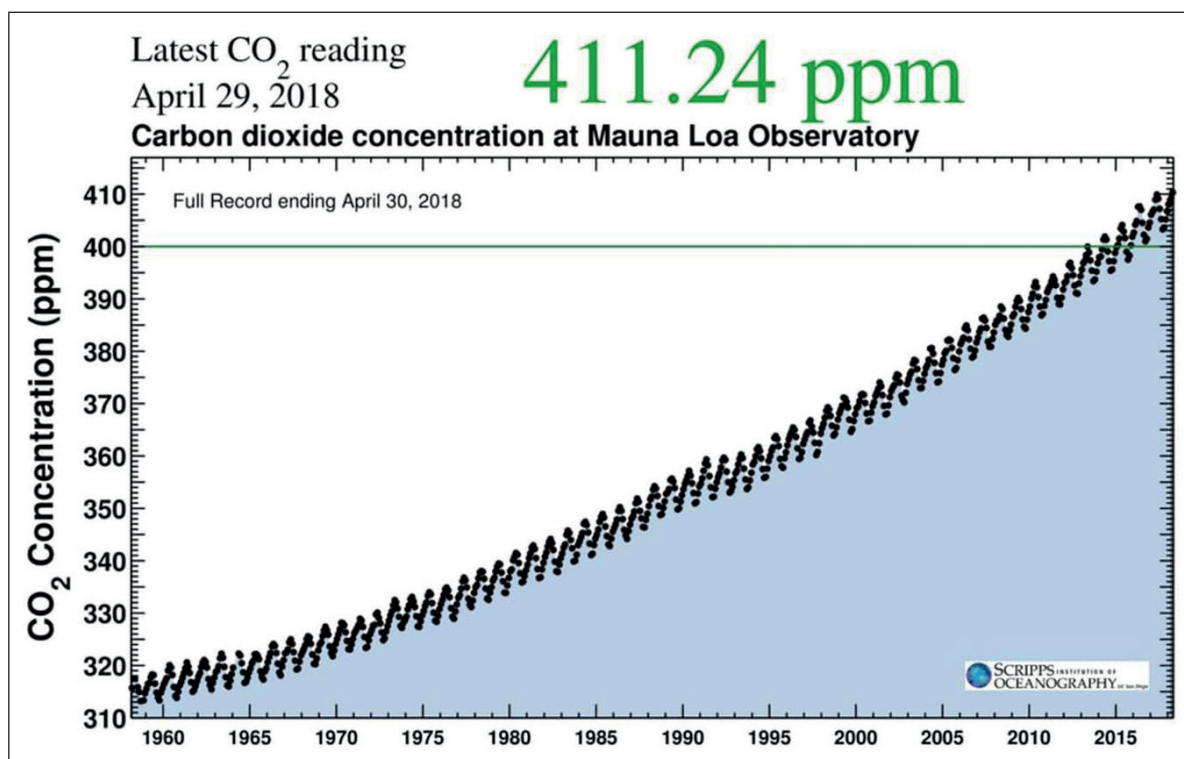


Figura 1.

colocavam no caminho para a negociação e regulamentação política internacional de controlo da interferência humana sobre o clima. Incentivados por estas preocupações a WMO e a UNEP criaram em 1988 o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) com o objetivo de promover uma avaliação científica, técnica e socioeconómica da problemática das alterações climáticas numa base objetiva, integrada e transparente.

Em 1992 na Cimeira da Terra do Rio de Janeiro é apresentada a Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC) que entrou em vigor em 1994 e que atualmente está ratificada por 197 países membros das Nações Unidas. O seu principal objetivo é evitar uma interferência antropogénica perigosa sobre o sistema climático por meio de medidas de redução das emissões de GEE, designadas genericamente por mitigação, que estabilizem a concentração atmosférica destes gases. Porém, a CQNUAC não define aquilo que se deve considerar uma interferência perigosa, não estabelece compromissos quantificados de redução de emissões, nem prazos para os atingir.

Apesar da grande credibilidade do conjunto de cientistas e do exigente escrutínio exercido pelos representantes governamentais na elaboração do segundo relatório do IPCC, as suas conclusões foram bastante contestadas, sobretudo em alguns meios financeiros e económicos ligados à indústria do carvão, petróleo e gás natural. Contudo, nos artigos sobre alterações climáticas publicados em revistas científicas com sistema de arbitragem a partir de meados da década de 1990 tornou-se consensual que algumas atividades humanas estão a interferir com o sistema climático (Oreskes, 2004). Em 1997, na Terceira Conferência das Partes (COP 3) da CQNUAC, realizada em Quioto, adotou-se o Protocolo de Quioto que

estabeleceu uma redução obrigatória das emissões de GEE de 5 % no período de cumprimento 2008-2012, relativamente a 1990, para o conjunto dos países desenvolvidos. Após longas negociações, o Protocolo de Quioto entrou em vigor a 16 de Fevereiro de 2005.

Passados 10 anos, no dia 30 de novembro de 2015 assistiu-se em Paris à reunião do maior número de Chefes de Estado jamais atingido numa cimeira do clima para dar início à COP 21 das Nações Unidas. Nos seus discursos muitos consideraram que esta era a última oportunidade de conseguir um acordo que evite uma mudança climática antropogénica profundamente gravosa para a humanidade. O então Presidente da França François Hollande admitiu que está em causa “o futuro do planeta e da vida”. Estiveram presentes os presidentes Barack Obama dos EUA, Xi Jinping da China e Vladimir V. Putin da Rússia e o Primeiro-Ministro Narendra Modi da Índia, entre muitos outros.

A Conferência de Paris culminou 20 anos de negociações sobre o clima no âmbito das Nações Unidas. Enquanto no passado os EUA e a China, os dois países com o maior volume de emissões de gases com efeito de estufa, negociavam como adversários, em 2015 apresentaram-se como aliados no combate à mudança climática e incentivaram os outros países a chegar a um acordo, depois de já terem anunciado um acordo bilateral de mitigação em 2014.

Um dos principais obstáculos para atingir o consenso é o ponto de vista do conjunto de países em desenvolvimento, liderados pela Índia, que se recusam a limitar o seu crescimento económico, atualmente alicerçado no consumo intensivo de combustíveis fósseis, para resolver um problema que foi gerado por outros países. Narendra Modi defendeu que os países pobres têm o direito de emitir dióxido de carbono para desenvolver as economias, embora reconheça que já estão a sentir os efeitos adversos das alterações climáticas. Modi procurou condicionar a redução das emissões da Índia e dos países menos desenvolvidos à concretização da proposta, já feita na COP 15, realizada em Copenhaga, de os países mais desenvolvidos providenciarem a partir de 2020 uma ajuda financeira anual de 100 milhares de milhões de dólares para incentivar a mitigação e a adaptação nesses seus países. Por outro lado, os EUA recusaram-se a que o acordo de Paris fosse vinculativo em termos do direito internacional porque nesse caso teria de ser submetido ao Congresso, onde os Republicanos certamente o chumbariam. Apesar das dificuldades, houve em Paris um consenso generalizado de que a humanidade está confrontada com um problema grave que é urgente resolver.

O Acordo de Paris foi finalmente alcançado a 12 de dezembro de 2015 na COP 21 do clima e constituiu um passo importante no sentido de descarbonizar a economia mundial. Um dos principais objetivos incluídos no Acordo de Paris é a limitação do aumento da temperatura média global da atmosfera bem abaixo de 2° C, relativamente aos valores pré-industriais, e continuar os esforços para que seja inferior a 1,5° C (Figura 2). Pela primeira vez, 185 países apresentaram contribuições nacionais voluntárias de mitigação (INDC – Intended National Determined Contributions) antes do início da COP 21. São objetivos indicativos e não obrigatórios de redução de emissões de GEE e o seu conjunto aponta para um aumento de temperatura entre 3° C e 4° C em lugar de 2° C. Porém, o Acordo prevê uma revisão das CDN (Contribuições Determinadas Nacionalmente) (National Determined Contributions (NDC)) todos os 5 anos, o primeiro dos quais será em 2020 (Figura 3). Estabelecer as diretrizes de como se irá implementar o Acordo de Paris, ou seja, aprovar o chamado “Paris Rulebook”, será um dos principais objetivos da COP 24 que se realizará em Katowice na Polónia de 3 a 14 de dezembro de 2018. Por outro lado, espera-se transmitir nas conclusões da conferência um sinal claro que os países envolvidos no Acordo

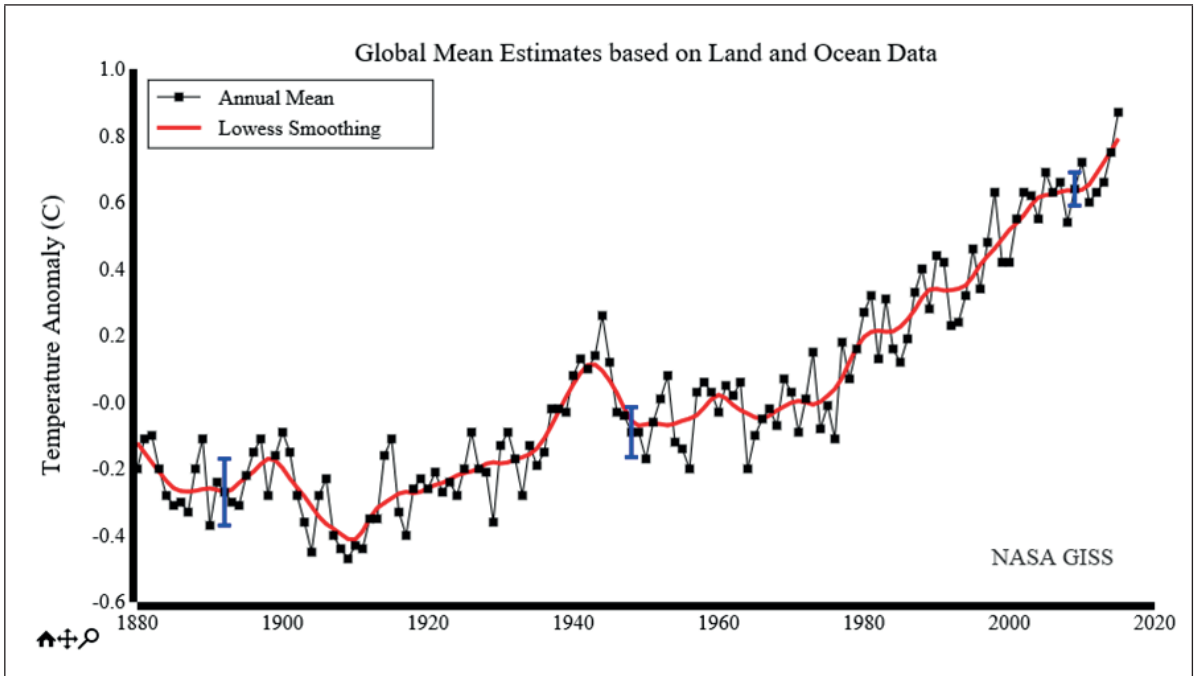


Figura 2.

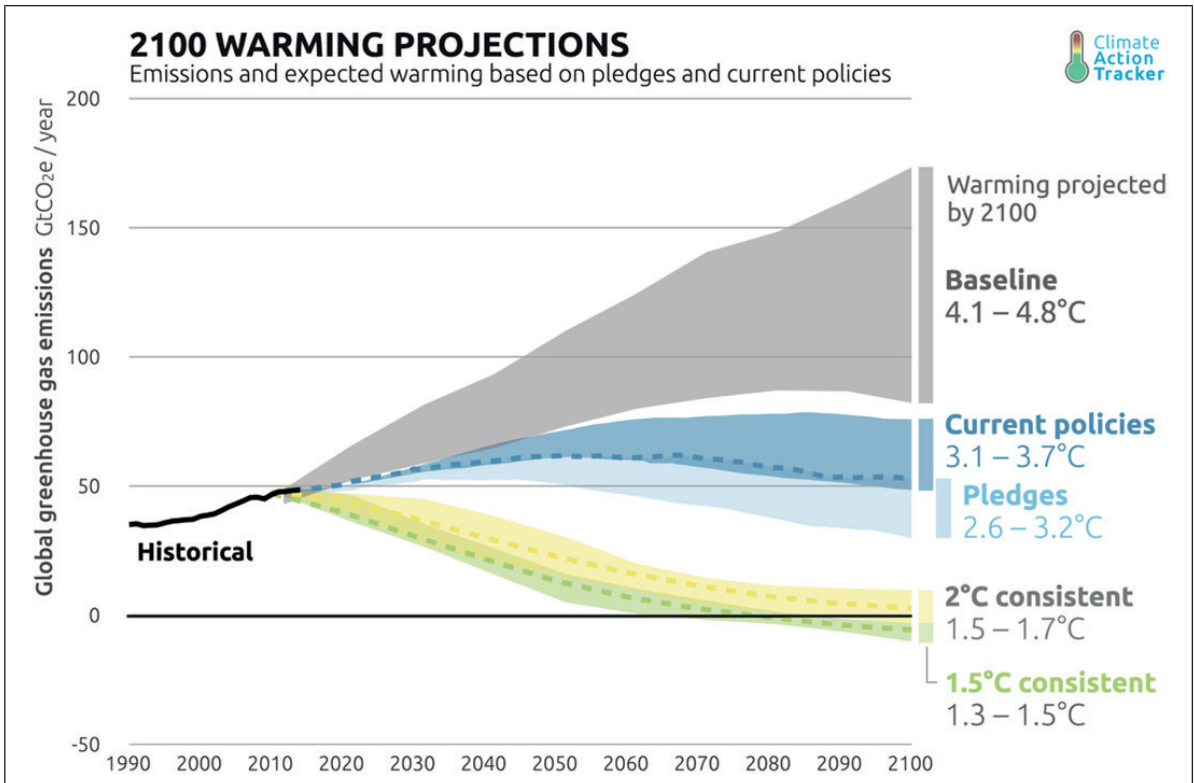


Figura 3.

vão efetivamente aumentar os seus compromissos de mitigação que irão apresentar em 2020. Finalmente será necessário sinalizar que vai ser disponibilizado o financiamento necessário a ajudar os países menos desenvolvidos na mitigação e adaptação das alterações climáticas.

As responsabilidades comuns, mas diferenciadas entre países relativamente às alterações climáticas, foi um dos temas em que foi mais difícil chegar a consenso na COP 21. Para saldar a “dívida climática”, os países mais desenvolvidos renovaram a promessa de financiar a mitigação e a adaptação nos países menos desenvolvidos com um financiamento anual de 100 milhares de milhões de dólares a partir de 2020. Este financiamento ainda não está garantido.

O Acordo não estabelece nem refere a necessidade de se estabelecer um preço para o CO₂ emitido para a atmosfera, conforme preconizado por muitos, em particular por empresários de diversos setores económicos, entre os quais se destaca a energia, incluindo algumas petrolíferas. Tal não foi possível devido à oposição de alguns países que são grandes produtores de petróleo designadamente a Arábia Saudita e a Venezuela. Atualmente, vários países no mundo atribuem um preço às emissões de CO₂, o que pode depois ser usado para pôr em prática uma taxa sobre o carbono.

Com o Acordo de Paris desbloqueou-se o impasse das negociações sobre o clima nas Nações Unidas que se arrastava há mais de 20 anos. Agora é necessário manter a ambição e garantir a transparência e a fiabilidade do processo de mitigação para evitar os *free riders*. O desafio mantém-se gigante, tal como há 20 anos, mas agora há uma maior consciência universal da urgência do problema e da necessidade de o resolver. Tal, porém, não significa de modo nenhum que vá ser resolvido a tempo de se evitar uma interferência antropogénica sobre o clima, perigosa para a humanidade.

O Acordo de Paris entrou formalmente em vigor a 4 de novembro de 2016 e atualmente dos 197 países membros da CQNUAC 184 assinaram o Acordo. No dia 1 de junho de 2017, o Presidente dos EUA anunciou a sua intenção de retirar o país do Acordo, embora segundo o articulado tal só venha a ter efeito em 4 de novembro de 2020, quatro anos após o Acordo ser adotado nesse país, data que se situa um dia depois das eleições presidenciais de 2020. Em resposta à saída dos EUA, muitos países reafirmaram o seu compromisso de cumprir o Acordo.

Em 8 de outubro de 2018, o IPCC publicou um extenso relatório (IPCC, 2018) no qual se defende que é ainda possível limitar o aquecimento global a 1,5° C, relativamente ao período pré-industrial, e que isso diminuiria significativamente os impactos graves implícitos num aumento de 2°C. Para conseguir ficar abaixo dos 1,5° C é necessário deixar de usar combustíveis fósseis à escala global e efetuar uma transição energética rápida para as energias renováveis. Em particular é necessário deixar de utilizar carvão na geração de eletricidade em todos os países do mundo. Porém, não há sinais de decréscimo do uso do carvão que permitam acreditar que tal irá ser possível. No ano de 2017, a produção e consumo mundiais de carvão cresceu depois de dois anos consecutivos de decréscimo. O carvão continua a ser a principal fonte primária de energia no mundo para a geração de eletricidade. Esta situação mantém-se apesar do preço das energias renováveis, especialmente a solar e eólica, ser competitivo com a energia dos combustíveis fósseis. Vamos ter no futuro uma descontinuação do uso do carvão mas muitas empresas produtoras continuam a beneficiar de subsídios governamentais e procuram desesperadamente aumentar o mercado do carvão para manter os lucros, na expectativa de que ele se irá inevitavelmente reduzir no futuro. Por outro lado, a exploração e o uso dos combustíveis fósseis, especialmente o carvão nas centrais térmicas, provoca poluição atmosférica, que se estima causar anualmente 4 a 7 milhões de

mortes prematuras a nível mundial. Nem o risco das alterações climáticas, nem o risco para a saúde humana demovem os governos e as empresas de explorar e usar ou exportar os combustíveis fósseis que se encontram nos territórios dos respetivos países. Embora os países produtores reconheçam esses riscos e alguns deles tenham programas ambiciosos de mitigação das alterações climáticas, continuam a explorar os combustíveis fósseis para promover o crescimento do seu PIB e assim potenciar o poder de compra e a prosperidade económica dos seus cidadãos.

2 – AS DIFICULDADES DE CUMPRIR O ACORDO DE PARIS E A GEOENGENHARIA

Tornou-se praticamente impossível cumprir o limite de 2° C do Acordo de Paris e por maioria de razão de cumprir o limiar dos 1,5° C. Uma das razões que permite fundamentar esta afirmação é o investimento planeado para os próximos dez anos de cerca de 7,2 milhões de milhões de dólares americanos em centrais termoelétricas, a maioria das quais a carvão e gás natural (Pfeiffer, 2018). Apesar destes factos há países que estão a levar a sério o compromisso de contribuir para o cumprimento do Acordo de Paris. É o caso da União Europeia (UE) que anunciou em 28 de novembro de 2018 a intenção de levar os Estados Membros a anularem as suas emissões de GEE em 2050. Trata-se de um objetivo muito ambicioso que é possível ser cumprido mas exige uma forte mobilização social. Note-se porém que, apesar do mérito de a UE efetuar uma transição energética em pouco mais de 30 anos, tal não assegura o cumprimento do Acordo de Paris dado que as emissões da UE representam apenas cerca de 10% das emissões globais. Para cumprir o Acordo de Paris é necessário que todos os países do mundo, ou pelo menos os que em conjunto são responsáveis por mais de 80% das emissões de GEE, realizem uma transição energética na qual deixam de consumir combustíveis fósseis. A probabilidade de tal acontecer é muito pequena.

Será possível que a humanidade, armada da sua poderosa convicção de que a ciência e a tecnologia conseguem resolver todos os problemas que constituem obstáculos ao crescimento económico e ao aumento do bem-estar humano, vai permitir que a temperatura média global da atmosfera tenha um aumento superior a 2° C, ou seja entre 3° e 5° C, ou mais ainda, acompanhado de todas as consequências gravosas que isso irá ter, especialmente para as populações mais vulneráveis? Se isso acontecesse seria o descrédito do mito do poder praticamente ilimitado da tecnologia.

Realmente há uma solução alternativa, ou seja, um *technological fix*, designado geoengenharia, ou a engenharia do clima (IPCC, 2012; NAS, 2015; NAS, 2015a). Já em 20 de julho de 2009, a Sociedade Americana de Meteorologia aprovou uma declaração política sobre a geoengenharia do sistema Terra (AMS, 2009), na qual define três estratégias proativas para reduzir os riscos das alterações climáticas: 1) mitigação; 2) adaptação e 3) geoengenharia, definida como a “manipulação deliberada dos aspetos físicos, químicos ou biológicos do sistema Terra”, com o objetivo de neutralizar as consequências das emissões crescentes de gases com efeito de estufa.

Em 1965, cerca de 45 anos antes, e também nos EUA, um relatório da Comissão Consultiva sobre Ciência do Presidente dos EUA reconhecia os riscos da alteração climática provocada pelas crescentes emissões globais de CO₂, provenientes da combustão dos combustíveis fósseis, e sugeria apenas como resposta a adoção de “alterações climáticas compensatórias” (“*countervailing climatic changes*”) capazes de contrariar e porventura anular os efeitos da primeira (PSAC, 1965). Concretamente sugeria dispersar no oceano partículas flutuantes e refletoras da radiação solar que aumentam o albedo da Terra em cerca

de 1% com um custo anual estimado em 500 milhões de dólares. Uma sugestão cheia de húbriis tecnológico, radiante de otimismo, ingénua, quase infantil. Verifica-se pois que nos EUA, desde o início da problemática do clima, a posição oficial e a que é dominante na opinião pública, tem sido a de considerar o uso dos combustíveis fósseis como um progresso inquestionável e inteiramente irreversível, que contribui poderosamente para o crescimento económico e é emblemático do poder do país. Realizar uma transição energética na qual se deixariam de usar os combustíveis fósseis para controlar a alteração climática seria uma afronta à livre iniciativa e uma ingerência inaceitável do Estado na indústria e no setor privado.

Há essencialmente dois tipos de geoengenharia do clima (Figura 4). Uma é a chamada Remoção do Dióxido de Carbono (RDC) (Carbon Dioxide Removal (CDR)) ou também emissões negativas, cujo objetivo é remover o CO_2 diretamente da atmosfera usando sumidouros naturais ou processos de engenharia química (IPCC, 2012). O outro tipo de geoengenharia é a chamada Gestão da Radiação Solar (GRS) (Solar Radiation Management (SRM)), ou também modificação do albedo, que consiste em modificar intencionalmente o balanço energético na atmosfera, ou seja, a quantidade de radiação solar que chega à superfície da Terra, de modo a reduzir ou anular alguns dos impactos físicos das alterações climáticas. Recentemente começa a falar-se de um terceiro tipo de geoengenharia nas regiões polares que procura atrasar por meio de grandes obras de engenharia o processo de fusão dos glaciares, das plataformas de gelo e dos campos de gelo, em especial na Antártida (Moore, 2018), para travar a subida do nível médio global do mar.

Os vários projetos de geoengenharia RDC têm provavelmente a capacidade de remover CO_2 à escala local em quantidades da ordem de milhões de toneladas, porém, separadamente ou cumulativamente, é muito pouco provável que tenham a capacidade de remover as gigatoneladas de carbono necessárias para atingir a neutralidade carbónica à escala global em tempo útil, ou seja, para não ultrapassar o limite

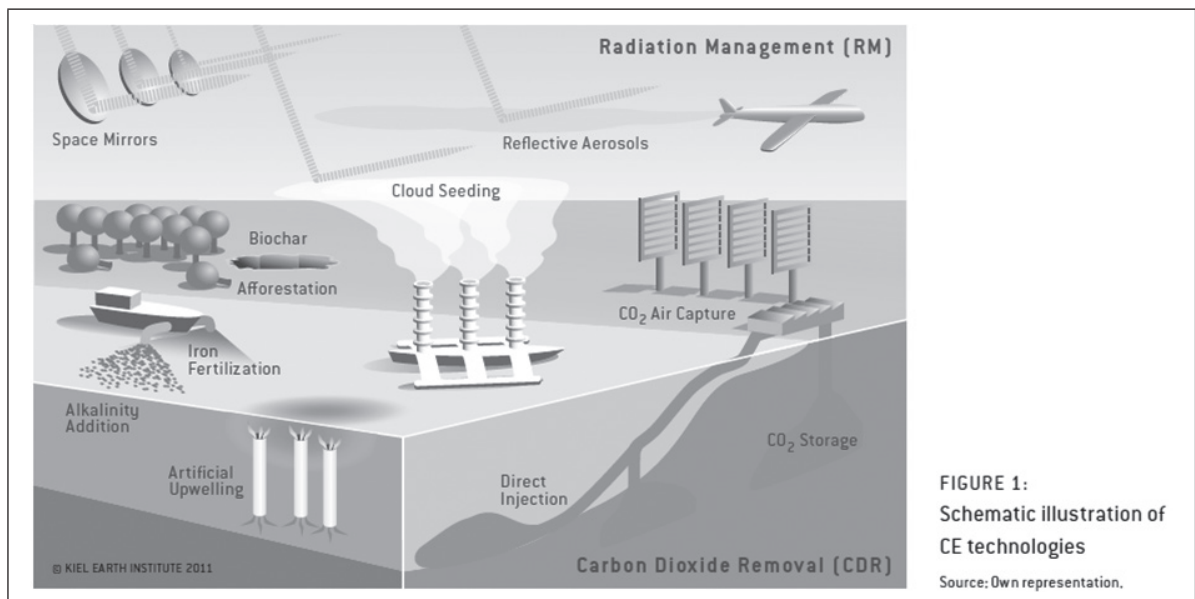


Figura 4.

de 2° C do Acordo de Paris (EASAC, 2018). Acresce que há incertezas significativas sobre a viabilidade tecnológica, económica e ambiental dos processos de RDC (Smith, 2016). No que respeita à questão económica uma estimativa de 2011 (House, 2011) avalia os custos totais envolvidos na captura direta de CO₂ do ar em 1000 dólares por tonelada. Tendo presente o valor das emissões anuais globais de CO₂ provenientes dos combustíveis fósseis e processos industriais, que atingiu 35,7 GtCO₂ em 2014, conclui-se que capturar anualmente uma fração significativa daquele valor é uma proposta financeiramente muito exigente e de exequibilidade problemática.

A geoengenharia de GRS interfere diretamente com o sistema climático com o objetivo de diminuir o aquecimento global sem ser necessário diminuir as emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa e, conseqüentemente, sem que seja necessário efetuar uma transição energética na qual se deixariam de usar os combustíveis fósseis. Trata-se de um *technological fix* que consiste essencialmente em aumentar a quantidade de energia radiativa solar refletida pela Terra. Teríamos assim um sistema climático onde o efeito de estufa atmosférico continuaria a intensificar-se mas que absorveria menos energia proveniente do Sol. As conseqüências a nível global, regional e local desta dupla interferência sobre o sistema Terra são naturalmente mais difíceis de modelar e projetar. Contudo, é evidente que a geoengenharia de GRS não resolve os efeitos sobre o sistema climático que resultam diretamente do aumento da concentração do CO₂ atmosférico, como é o caso da acidificação do oceano e dos impactos graves sobre os ecossistemas marinhos e costeiros e sobre as pescas.

O processo de geoengenharia GRS mais promissor do ponto de vista custo-eficácia, e que está a atrair maior investimento, é o lançamento de grandes quantidades de aerossóis de sulfatos na estratosfera por meio da injeção de percussores, tais como dióxido de enxofre (SO₂), sulfeto de hidrogénio (H₂S) e ácido sulfúrico (H₂SO₄) lançados de avião, de balão ou por artilharia (Rasch, 2008; Robock, 2009). Trata-se de simular o efeito de uma poderosa erupção vulcânica que, ao expelir grandes quantidades de cinzas e aerossóis, para a estratosfera, reflete a radiação solar, provoca um escurecimento global (*“global dimming”*) e baixa temporariamente a temperatura média da atmosfera à superfície. Um exemplo bem conhecido ocorrido na época histórica foi a gigantesca erupção do vulcão Tambora na Ilha de Sumbava na Indonésia que atingiu o seu máximo em 10 de abril de 1815. Estima-se que a erupção terá produzido um decréscimo da temperatura média global estimado entre 0,4° C a 0,7° C, embora os dados meteorológicos sejam muito escassos e afetados por uma elevada incerteza (Stothers, 1984). Na Europa o ano seguinte de 1816 ficou conhecido como o “ano sem verão” ou o “ano da pobreza” devido à destruição das culturas agrícolas provocando a “última grande crise de subsistência do mundo Ocidental” (Post, 1977). Recentemente, registou-se por meio de uma rede de observação meteorológica fiável e global, inexistente no tempo da erupção do Tambora, um decréscimo da temperatura média global da atmosfera de cerca de 0,5° C durante aproximadamente dois anos resultante da erupção do vulcão Pinatubo nas Filipinas em 15 de junho de 1991 (Parker, 1996).

Injetar aerossóis na estratosfera, para além de satisfazer o objetivo de aumentar o albedo da Terra, interfere de vários modos com o sistema climático. A visão simplista deste programa de interferência antropogénica é a de que, ao aumentar o albedo de forma controlada, apenas a temperatura média global da atmosfera à superfície se reduz de um valor previamente programado para compensar o aumento de temperatura provocado pela intensificação antropogénica do efeito de estufa num determinado horizonte temporal, relativamente ao período pré-industrial, por exemplo 2° C, e tudo o resto se mantém

inalterado. Não é assim porque obviamente trata-se de duas intervenções diferentes e consequentemente os seus efeitos não se anulam.

A injeção de aerossóis na estratosfera modifica a química da atmosfera e interfere sobre vários aspectos do sistema climático de uma forma diferente da que resulta da intensificação do efeito de estufa. Consequentemente, a segunda interferência compensa alguns dos efeitos da primeira, mas gera novos efeitos com consequências gravosas para a humanidade, tais como a redução do ozono estratosférico (Tilmes, 2008; Keith, 2016) e uma redução da precipitação média global, da ordem de 4,5%, que não é uniforme à superfície do globo. Por exemplo, prevê-se uma maior redução da precipitação das monções na África e na Ásia (Bala, 2008; Tilmes, 2013; Keller, 2014), essenciais à vida de milhares de milhões de pessoas. A injeção de aerossóis com enxofre na estratosfera terá também efeitos na produção agrícola, devido à diminuição da radiação solar, na poluição atmosférica, na produção de chuvas ácidas e na circulação geral da atmosfera.

No que respeita à agricultura um estudo recente analisou as consequências das injeções de sulfatos de aerossóis na estratosfera por comparação com os efeitos das erupções vulcânicas do El Chichón e do Monte Pinatubo na produção agrícola (Proctor, 2018), durante as quais a produtividade agrícola baixou. Embora se evitem as temperaturas muito elevadas, a diminuição da radiação solar direta e o aumento da radiação solar difusa baixa a produtividade tanto das plantas do tipo C3 como C4, embora mais nas últimas. Os efeitos são provavelmente ainda mais gravosos do que aqueles que se inferem de uma comparação com as erupções vulcânicas, porque os efeitos destas duram apenas dois a três anos enquanto a geoengenharia teria de ser um processo contínuo durante todo o tempo em que se continuar a usar combustíveis fósseis.

O físico David Keith lidera, juntamente com Lizzie Burn, o ambicioso Harvard Solar Engineering Research Program da Universidade de Harvard, financiado em parte por bilionários e fundações privadas, tais como Bill Gates e a William and Flora Hewlett Foundation. Nos últimos anos, Keith tem desenvolvido uma extensa argumentação (Keith, 2017) sobre as vantagens de fazer experiências de geoengenharia de aerossóis. Reconhece as dificuldades e os perigos da geoengenharia de GRS (SRM) com aerossóis mas argumenta que a “Terra está já tão transformada pelas ações humanas que se tornou efetivamente num artefacto humano” (“The Earth is already so transformed by human actions that it is, in effect, a human artifact”, Keith, 2010). Sendo assim é preferível utilizar a geoengenharia em lugar de correr o risco de não ser possível mitigar as atuais alterações climáticas. Presentemente lidera o projeto Stratospheric Controlled Perturbation Experiment (SCoPEX) que decorre de 2017 a 2024, com um orçamento de 20 milhões de dólares, e que irá lançar em 2018, na estratosfera, a cerca de 20km de altitude, sobre o World View Spaceport no Estado do Arizona, por meio de um balão, grandes quantidades de água, dióxido de enxofre e pó de carbonato de cálcio para formar aerossóis que formam neblinas, cujas propriedades e refletividade da radiação solar serão medidas.

Este tipo de experiência está proibido por uma moratória das experiências de geoengenharia aprovada em 29 de outubro de 2010, pelos 193 países membros da Convenção das Nações Unidas sobre a Diversidade Biológica (Etcgroup, 2010). Porém, os EUA recusaram-se a ratificar esta Convenção, e nesse país apenas é necessário reportar a experiência à NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Há muito pouca informação sobre a experiência SCoPEX, que aparentemente era para ter início em 2018, mas foi atrasada para o início de 2019 (Tollefson, 2018). Num artigo anterior (Dykema, 2014), os promotores defendem as vantagens de realizar a experiência e dão a entender que ela só será realizada

se o risco envolvido for avaliado por uma instituição independente e se a experiência conseguir ser financiada por uma agência pública.

Entretanto, a investigação e o número de artigos científicos sobre a geoengenharia dos aerossóis estratosféricos tem aumentado significativamente a torna da realização deste tipo de geoengenharia cada vez mais provável, apesar dos riscos colaterais que irá gerar. Um dos fatores que tende a aumentar a probabilidade desta geoengenharia é o seu custo relativamente baixo da ordem de 2,25 milhares de milhões por ano durante os primeiros 15 anos (Smith, 2018).

Uma das consequências do desenvolvimento da geoengenharia é desviar a atenção dos governantes e dos cidadãos para a necessidade de cumprir o Acordo de Paris por meio da descarbonização da economia mundial. A outra consequência é introduzir riscos adicionais potencialmente perigosos na forma como estamos a lidar à escala global com o problema das alterações climáticas.

REFERÊNCIAS

- AMS, 2009, “AMS Policy Statement on Geoengineering the Climate System”, American Meteorological Society, <http://www.umt.edu/ethics/resourcecenter/imx/legaldocs2/AMS>
- Bala, G., P. Duffy and K. Taylor, 2008, “Impact of geoengineering schemes on the global hydrological cycle”, *PNAS*, 105, p. 7664-7669, doi_10.1073_pnas.0711648105
- Dykema, John A., Keith, David W., Anderson, James G. and Weisenstein, Debra, 2014, Stratospheric controlled perturbation experiment: a small-scale experiment to improve understanding of the risks of solar geoengineering, *Phil. Trans. R. Soc. A*.37220140059, <http://doi.org/10.1098/rsta.2014.0059>
- EASAC, 2018, “Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?”, European Academies Science Advisory Council, EASAC Policy Report 34
- Etcgroup, 2010, “The geoengineering moratorium under the UN Convention on Biological Diversity”, Action Group on Erosion, Technology and Concentration
- House, K.Z., A: C. Baclig, M. Ranjan, E. A. van Nierop, J. Wilcox, H. J. Herzog, 2011, “Economic and energetic analysis of capturing CO₂ from ambient air”, *Proceedings National Academy of Sciences*, 108: 20428-20433, doi: 10.1073/pnas.1012253108
- IPCC, 2012, “Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Geoengineering”, [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, C. Field, V. Barros, T.F. Stocker, Q. Dahe, J. Minx, K. Mach, G.-K. Plattner, S. Schlömer, G. Hansen, M. Mastrandrea (eds.)]. IPCC Working Group III Technical Support Unit, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany, pp. 99.
- IPCC, 2018, “The Special Report on Global Warming of 1.5 °C”
- Keith, David W., Debra K. Weisenstein, John A. Dykema, and Frank N. Keutsch, 2016, “Stratospheric solar geoengineering without ozone loss”, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 113(52),14910-14914. doi: 10.1073/pnas.1615572113
- Keith, David, 2017, “Toward a Responsible Solar Geoengineering Research Program”, *Issues in Science and Technology*, 33, 3
- Keith, David, 2010, “Engineering the Planet”, *In Climate Change Science and Policy* by S. Schneider and M. Mastrandrea, pp. 49. Washington DC: Island Press
- Keller David P, Ellias Y. Feng and Andreas Oshlies, 2014, “Potential climate engineering effectiveness and side effects during a high carbon dioxide-emission scenario”, *Nature Communications*, 5:3304, DOI: 10.1038/ncomms4304
- Moore, John C., Rupert Gladstone, Thomas Zwinger and Michael Wolovick, 2018, “Geoengineer polar glaciers to slow sea-level rise”, *Nature*, 555(7696), 303-305, doi: 10.1038/d41586-018-03036-4.
- NAS, 2015, *Climate Intervention: Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration*, National Academies of Sciences
- NAS, 2015a, *Climate Intervention: Reflecting Sunlight to Cool Earth*, National Academies of Sciences
- Oreskes, Naomi, 2004, Beyond the Ivory Tower: The Scientific Consensus on Climate Change, *Science*. 306 (5702): 1686. doi:10.1126/science.1103618
- Parker, D. E. *et al.*, 1996, “The impact of Mount Pinatubo on world-wide temperatures”, *International Journal of Climatology*, 16, 487-497

- Pfeiffer, Alexander, Cameron Hepburn, Adrien Vogt-Schilb, Ben Caldecott, 2018, "Committed emissions from existing and planned power plants and asset stranding required to meet the Paris Agreement", *Environmental Research Letters* 13, 054019, doi.org/10.1088/1748-9326/aabc5f
- Post J. D., 1977, *The last great subsistence crisis in the Western World*, Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Proctor, J., S. Hsiang, J. Burney, M. Burke, W. Schlenker, 2018, "Estimating global agricultural effects of geoengineering using volcanic eruptions", DOI: 10.1038/s41586-018-0417-3
- PSAC, 1965, "Restoring the Quality of Our Environment", Presidential Science Advisory Committee, Executive Office of the President, Washington DC
- Robock, A.; Marquardt, A.; Kravitz, B.; Stenchikov, G., 2009, "Benefits, risks, and costs of stratospheric geoengineering", *Geophysical Research Letters*, 36 (19): L19703, doi:10.1029/2009GL039209.
- Rasch P. J., Simone Tilmes, Richard P. Turco, Alan Robock, Luke Oman, Chih-Chieh (Jack) Chen, Georgiy L. Stenchikov, 2008, "An overview of geoengineering of climate using stratospheric sulphate aerosols", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366:4007–4037, doi: 10.1098/rsta.2008.0131.
- Smith, P., S. J. Davis, F. Creutzig *et al.*, 2016, "Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions", *Nature Climate Change* 6 (1), 42-50, DOI:10.1038/nclimate2870.
- Smith, W. and G. Wagner, 2018, "Stratospheric aerosol injection tactics and costs in the first 15 years of deployment", *Environmental Research Letters* 13 (2018) 124001, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae98d>
- Stothers, Richard, B., 1984, "The great Tambora eruption in 1815 and its aftermath", *Science*, 224(4654), 1191-1198
- Tilmes, S., R. Muller, and R. Salawitch, 2008, "The sensitivity of polar ozone depletion to proposed geoengineering schemes", *Science*, 320, pp. 1201–1204, doi:10.1126/science.1153966.
- Tilmes, S., *et al.*, 2013, "The hydrological impact of geoengineering in the Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP)", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118 (19) pp. 11,036-11,058, DOI: 10.1002/jgrd.50868
- Tollefson, J., 2018, "First sun-dimming experiment will test a way to cool Earth", *Nature*, 563, 613-615 (2018), doi: 10.1038/d41586-018-07533-4
- WMO, 1986, "Report of the International Conference on the Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts", Villach, 1985, WMO, n° 661.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 20 DE ABRIL DE 2017)