

ENGENHARIA CLIMÁTICA. POLUIR PARA DESPOLUIR

António Gaspar Cunha

Universidade do Minho, Guimarães, Portugal
agc@dep.uminho.pt

Resumo

No contexto de uma poluição crescente as preocupações com as alterações climáticas tornam-se prementes. A solução apontada para a diminuição da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, reduzindo as emissões, está longe de ser uma prática corrente, apesar de todos os tratados. Assim, ao problema climático estão associadas questões sociais e humanas que interferem com possíveis alternativas à resolução do problema. A engenharia climática, nomeadamente a Geoengenharia solar, é uma tecnologia apontada como uma solução barata e fácil de usar, mas não está isenta de problemas que poderão interferir com o Planeta de forma incontrolável. Este trabalho procura colocar em confronto argumentos contra e a favor do uso da Geoengenharia solar como complemento para a mitigação das alterações climáticas. Não existe ainda um consenso sobre este aspeto, mas seria importante que não precisássemos de recorrer a métodos aparentemente radicais. Seria, na verdade, preferível que os humanos passem pelo Planeta sem o alterarem de uma forma definitiva.

Palavras-chave: Engenharia climática; Geoengenharia; Dióxido de carbono, Antropoceno.

Abstract

In the context of increasing pollution, concerns about climate change become imperative. The solution aimed at reducing the amount of carbon dioxide in the atmosphere, and reducing emissions, is far from being a current practice, despite all the agreements. Thus, the climate problem is associated with social and human issues that interfere with possible alternatives to solving the problem. Climate engineering, namely Solar Geoengineering, is a technology publicised as a cheap and easy-to-use solution, but it is not without problems that could interfere with the Planet in an uncontrollable way. This work seeks to confront arguments against and in favour of the use of solar Geoengineering as a complement to the mitigation of climate change. There is still no consensus on this aspect, but it would be important that we did not need to resort to apparently radical methods. It would actually be preferable for humans to pass through the Planet without altering it in a definitive way.

Keywords: Climate engineering; Geoengineering; Carbon dioxide, Anthropocene.

1. Introdução

A ideia de um Planeta saudável, no contexto de um crescimento económico constante e de igualdade de oportunidades para toda a Humanidade, é uma utopia. Todavia, com o surgimento de evidências de que o caminho tomado conduzirá a um ponto de não-retorno climático, esta utopia terá de ser transformada numa realidade presente. É um problema social, económico e científico, mas principalmente uma questão premente da humanidade. Assim,

estará a humanidade preparada para voltar atrás nos benefícios que retirou do planeta com o objetivo de diminuir a temperatura do planeta reduzindo as emissões? Ou, então, dará o passo em frente e promoverá o desenvolvimento de novas tecnologias que possam evitar o crescimento da temperatura, apesar do aumento tendencial das emissões? A história recente diz-nos que, com muita probabilidade, a Humanidade seguirá em frente. As sucessivas reuniões internacionais sobre o tema das alterações climáticas não permitem outras conclusões, dado que as “emissões” dessas mesmas reuniões não passam de meras declarações de intenções.

Pretende-se, neste trabalho, discutir a possível aplicação prática de Engenharia Climática, nomeadamente a Geoengenharia Solar, como solução para a utopia referida. Será necessário referendar se a Humanidade aceita este tipo de intervenção no planeta, sabendo-se que ainda nada é certo. Talvez numa situação de catástrofe iminente, sem oportunidade de escolha, esta atuação seja aceite. Se por um lado, a redução de emissões de gases poluentes é de fácil implementação, bastando para isso deixar de produzir os bens a que a Humanidade se habituou, por outro, não será fácil de abdicar desses produtos, o que no limite conduzirá ao seu empobrecimento, a um retorno no tempo. Estará o Homem Antropocénico preparado para viver sem as suas extensões “ciborguianas, como o telemóvel e os automóveis, por exemplo?

Na verdade, esta solução pode ser vista como uma ação de poluir para despoluir, poluir a atmosfera com partículas para evitar o aquecimento, mas sem que, no entanto, se despolua de facto.

2. Geoengenharia Solar

A Geoengenharia Solar (“Solar GeoEngineering” – SGE) é uma tecnologia, ou são tecnologias, em que aerossóis de ácido sulfúrico poderão ser pulverizados na estratosfera com o intuito de refletir a luz solar e, desta forma, mitigar o efeito do aquecimento global provocado pela poluição. A injeção de um milhão ou mais de toneladas por ano na atmosfera, dependendo do efeito pretendido, circula rapidamente envolvendo a maior parte do planeta. Esta tecnologia “aparentemente” imaginária é de facto possível de implementar na prática, como facilmente se pode verificar pelos numerosos estudos científicos existentes (Baskin, 2019; Morrow, 2020; Dai et al., 2021, Biermann et al., 2022). Nestes trabalhos são colocadas em confronto posições completamente contraditórias e com argumentos muito fortes com o objetivo último de responder a algumas questões que possam permitir uma tomada de uma decisão sobre o seu uso, quer no sentido da necessidade da sua implementação prática quer no sentido de realçar os seus efeitos negativos. Assim, é importante perceber em que consiste esta tecnologia e o que está em jogo se for implementada, quais são os constrangimentos na sua adoção e para benefício de quem a SGE é imaginada.

Aparentemente parece uma ideia impraticável, mas se pensarmos nos efeitos que as maiores erupções vulcânicas tiveram no arrefecimento da atmosfera poderemos concluir que a SGE é de facto uma possibilidade real e que pode ser efetiva. Além disso, existem muitas provas científicas de que esta tecnologia pode funcionar, sendo, também, evidente que a possibilidade da sua implementação é equacionada fortemente pelos políticos e decisores pertinentes na geopolítica do planeta.

Na realidade, a SGE é um conjunto de técnicas (ou possibilidades técnicas) que podem ser implementadas com a ideia de evitar o aquecimento do planeta através do uso de meios que impeçam e/ou reflitam a energia proveniente do sol. Assim, a SGE poderá ser útil como complemento a uma atuação ao nível da redução da poluição gerada, como ilustrado na Figura 1. Atualmente procura-se controlar o aquecimento global através da diminuição da poluição usando tecnologias “mais limpas” e que gerem menos CO₂ para a atmosfera. O objetivo da SGE é servir de complemento, ou seja, o controlo do aquecimento global poderá ser realizado das duas formas, diminuindo a poluição ao mesmo tempo que se reflete parte da luz solar (Golja, 2017; Dunne, 2018).

É evidente, desde logo, que esta é uma equação que se poderá tornar incontrolável. As entidades que façam a gestão de um sistema deste tipo poderão sempre aumentar a poluição indefinidamente desde que o façam também com a SGE. Ou seja, mais poluição implica mais luz solar refletida, poluir a atmosfera com aerossóis ao mesmo tempo que se polui mais com dióxido de carbono.

Apesar da possibilidade de o uso desta técnica ter surgindo a meio do século passado, na última década tem-se assistido a uma reemergência da SGE. Neste sentido é importante responder a algumas questões sobre a SGE para se poder tomar uma decisão informada acerca da sua aplicação generalizada. Para isso é necessário entendê-la melhor, saber em detalhe em que consiste a ideia, perceber o que está em causa se for adotada, saber quem beneficia com o seu uso e o que impede a sua emergência como tecnologia válida para os fins enunciados. Algumas das respostas a estas questões emanam do atual confronto intenso entre os apoiantes, ou pelo menos os investigadores que a estudam, e os seus opositores.

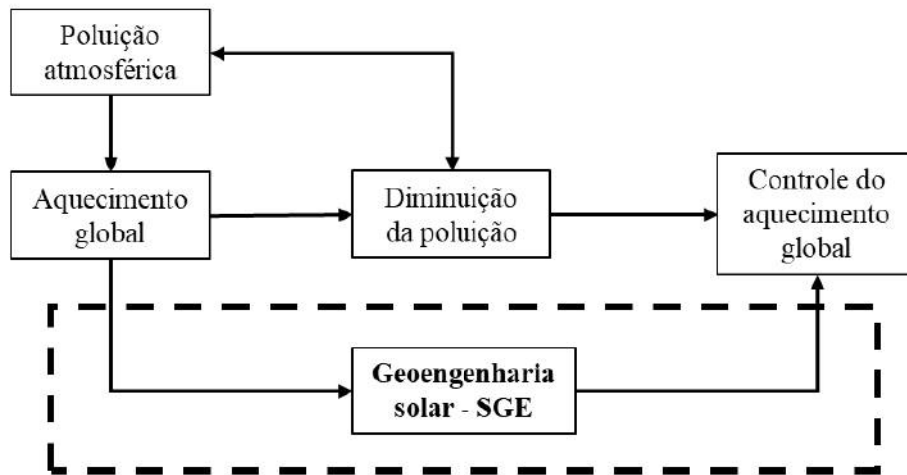


Fig. 1: Diagrama de atuação da SGE

3. Discussão

O primeiro argumento usado na abordagem do tema da SGE consiste em dizer que o aquecimento climático pode ser “engenheirado”. Ou seja, uma vez que não se conseguem controlar as alterações climáticas devido à ação do homem, facilmente se poderão aplicar diversas técnicas para refletir a luz solar e com isso diminuir a temperatura média do planeta. De salientar, neste ponto, que a SGE não é uma técnica *per se*, mas um conjunto de técnicas que já estão disponíveis e facilmente acessíveis. Por exemplo, já existem aviões disponíveis que poderão libertar os aerossóis de ácido sulfúrico na estratosfera, ação que já se poderia ter realizado há muitos anos, desde que se fala do assunto.

Numa perspetiva distópica, poder-se-á dizer (alguns apoiantes da tecnologia dizem) que a SGE é já, infelizmente, necessária, dado o estado das mudanças climáticas e apesar dos potenciais efeitos laterais (ainda não demonstrados), tais como redução da queda de chuva, disrupção das monções e estragos na camada de ozono.

Todavia, além destes aspetos técnicos, existem também as vertentes social e económica que não poderão ser descartadas. É importante perceber, para os defensores e opositores, de que forma a SGE se movimenta em torno de considerações políticas para que esta ideia radical e fortemente contestada possa ser totalmente abraçada. Por enquanto isto talvez não seja possível devido à falta de confiança na tecnociência por parte da sociedade. É importante perceber como a SGE é imaginada, explorar os seus pressupostos científicos e do seu conhecimento, incluindo as relações entre a humanidade e a Natureza, e, também, as relações de poder social e económico no mundo. A implementação da SGE talvez não dependa da capacidade do seu funcionamento, mas de como a humanidade a vê (Baskin, 2019).

Apesar de tudo, a forma de ver a SGE pode mudar com o tempo e com as gerações. Uma geração “mais ciborguiana” terá mais “vontade” de apoiar as tecnologias.

Como se referiu, a ideia base da SGE é arrefecer o planeta com elevadas quantidades de aerossol injetadas na atmosfera, o que poderá trazer alguns problemas, nomeadamente, prejudicar a camada de ozono, reduzir a quantidade de chuva, além de que os seus efeitos não serão uniformes. Por outro lado, os seus custos são muito baixos quando comparados com as alternativas existentes. Por fim, é uma ideia que está a ser tomada a sério, mas que ainda não foi adotada pelos poderes políticos.

Se por um lado a SGE pode ser vista como uma utopia: «(...) uma ferramenta que pode tornar o mundo verde» (Keith, 2013), por outro é considerada uma distopia que «tornará o mundo dependente de elites tecnocratas, complexos militares-industriais e de corporações multinacionais para regular o clima global» (Baskin, 2019). Assim, a SGE poderá ser tratada como um objeto de conhecimento técnico-científico, mas ainda é mais uma ideia que uma tecnologia operativa e desenvolvida. Tudo isto depende daquilo a que se pode chamar “imaginário sociotécnico” (Jasanoff, 2015), onde existe uma interpelação entre imaginário positivo e negativo, entre utopia e distopia. Além de se considerar, neste imaginário, a interação entre pessoas e entre as pessoas e as estruturas sociais, talvez se deva, também, considerar a interação dos humanos com as máquinas. Este ponto é importante porque cada vez mais está assimilado pela sociedade que a distinção entre humano e máquina é mais ténue. Isto pode implicar uma mais fácil aceitação pelas gerações futuras da SGE, principalmente se for associada a benefícios sociais e económicos.

A SGE não dever ser entendida somente como um desafio tecnocientífico, mas também como um projeto sociotécnico, i.e., o social e o técnico estão sempre interrelacionados, a ciência e a sociedade são coproduzidas. No que diz respeito aos conhecimentos tecnicocientíficos, a SGE é uma tecnologia já existente, mas no que se refere aos seus aspetos social e político é muito avançada. De facto, tendo em conta o imaginário social, é mais fácil a aceitação da “reengenharia humana”, i.e., modificar as capacidades do homem com elementos ciborguianos, do que a aceitação da SGE. Daqui surge a questão: quem está no centro das atenções?

O Homem não se importa de ser modificado nas suas características naturais, mas coloca reticências na alteração da natureza do planeta. Todavia, isto é uma falsa questão, uma vez que o Homem sempre aceitou mudanças na natureza, mesmo aquelas que o podem afetar (e afetam) significativamente e negativamente. Por absurdo, uma das grandes alterações provocada pelo Homem no planeta, e que ainda é aceite e praticada abundantemente e com crescimento muitas vezes descontrolado, é a própria poluição que provoca as alterações climáticas. Desta forma, ao equilíbrio natural do planeta, incluindo todos os sistemas biológicos e geológicos, mas em particular o sistema atmosférico e climático, o Homem pretende associar o seu próprio equilíbrio

global, o binómio poluição/engenharia climática, i.e., poluir para despoluir, poluir porque pode despoluir.

O Homem Antropocénico, pela própria definição, habituou-se a colocar a sua pegada no planeta, nomeadamente aumentar o teor de dióxido de carbono na atmosfera, resultante principalmente da queima de combustíveis fósseis e do manejo de gado para consumo. Esta ação foi realizada aos poucos, sem que se notasse o seu efeito no imediato. A grande diferença com a SGE está no facto de esta última ser uma ação mais radical, com os seus efeitos a terem lugar em locais do planeta cuja localização, em último caso, não se pode controlar no imediato. É uma mudança global.

Colocam-se em confronto três aspetos que interferem e interagem na formação de uma ideia sobre a SGE, mas principalmente na decisão sobre a sua adoção, conhecimento, valores e poder (Baskin, 2019).

O conhecimento está relacionado com as disciplinas que em geral são envolvidas na SGE. Têm sido priorizadas as tecnociências, mais acentuadamente as ciências climáticas. No entanto, como se viu anteriormente, as Humanidades e as Ciências Sociais também se revestem de grande importância.

Em segundo lugar, a importância dos valores está subordinada às ordens ontológicas. A implementação da SGE está muito dependente das ontologias acerca da natureza: a possibilidade do fim da natureza, pensar se a proteção da natureza é um conceito credível e a implicação de que a natureza é sempre social. Estas ontologias refletem-se em alguns movimentos contraditórios. Como por exemplo o pós-ambientalismo que critica a ênfase do ambientalismo dominante em colocar limites na atividade económica para lidar com a crise climática. Por oposição ao ecomodernismo que argumenta que os seres humanos devem proteger a natureza e melhorar o bem-estar humano desenvolvendo tecnologias que dissociam o desenvolvimento humano dos impactos ambientais. Um conceito importante, escrito de uma forma simples, consiste em afirmar que o SGE está para além do que o humano deverá fazer.

Finalmente, o poder que está relacionado com os interesses económicos e geopolíticos instalados. A extração de matérias-primas, a produção de bens cada vez mais sofisticados e exigentes em termos ambientais, o consumo e o comércio desses mesmos bens terá sempre de aumentar sendo a política económica baseada num crescimento constante.

A literatura sobre o tema da engenharia climática está em crescimento constante em todas as áreas, não só nas áreas científicas e técnicas, mas também nas áreas das humanidades e das ciências sociais. Existe, também, literatura institucional e oficial que procura mostrar a influência das instituições na política ambiental.

Para nomear somente trabalhos mais recentes, as posições sobre este tema parecem sempre extremadas. Veja-se, por exemplo, os trabalhos de David

Keith, da Universidade de Harvard, que publicou um livro em 2013 com o título *A case for climate engineering* (Keith, 2013) defendendo e justificando a causa da SGE, ao mesmo tempo que Mike Hulme, em 2014, publicou outro livro com o título *Can science fix climate change? A case against climate engineering* (Hulme, 2014).

Muito recentemente, em 2022, um conjunto de autores de vários países produziram um trabalho em que propõem um acordo para o “não-uso” da SGE (Biermann et al., 2022). O seu objetivo é mostrar que os apelos muito recentes para a investigação e desenvolvimento da SGE são causa de alarme uma vez que podem condicionar opções políticas futuras, apontando para isso várias razões: i) a SGE não está ainda bem entendida; ii) o efeito da SGE não será uniforme, podendo beneficiar algumas regiões em detrimento de outras; iii) existem muitas incertezas acerca dos efeitos regionais no clima; iv) a investigação recente é muitas vezes baseada em esquemas e ideias presumindo uma facilidade de execução não provada.

Estas ideias são exploradas no texto para justificar a existência de riscos, apesar de toda a investigação científica acerca da SGE. De notar, também, que estas justificações são exatamente as mesmas que são apresentadas desde sempre. Ou seja, não apresentam nenhuma evidência científica de que o que dizem vai acontecer de facto. Ao mesmo tempo, como se viu, os defensores do estudo da SGE também não conseguem responder a todas as questões levantadas aqui. O problema maior diz respeito à possibilidade de não ser possível controlar de uma forma justa e equilibrada esta tecnologia, o que poderá criar desequilíbrios sociais e económicos entre regiões ricas e pobres.

Todavia, apesar de todas as justificações contra, esta ideia parece um pouco radical no sentido de proibir o uso da SGE, mas não da sua investigação. Por exemplo, os autores referem-se a um trabalho da Universidade de Harvard (Dai et al., 2021) no qual é descrito um programa que pretende aplicar a SGE no estudo do efeito dos aerossóis na atmosfera, para dizer que em alguns círculos científicos a SGE é vista como um tópico de investigação e de aplicação efetiva. Aponta, no entanto, alguma resistência dos povos do local onde seria suposto a realização da experiência (Dai et al., 2021; Biermann et al., 2022).

É importante realçar novamente que todos estes trabalhos são muito recentes. Nesse sentido, e tendo em conta a miríade de trabalhos publicados na área, a conclusão mais importante deste artigo a favor da SGE (Dai et al., 2021) refere-se a um estudo estatístico onde um conjunto de cientistas Americanos e Chineses na área da SGE são questionados acerca da possibilidade/concordância com a aplicação desta tecnologia e com o seu estudo. A maior parte dos inquiridos é a favor do aumento da investigação na área. Especificamente, são a favor, de uma forma geral, da investigação a uma escala pequena e controlável e do estudo de métodos diferentes, têm mais

dúvidas sobre a investigação a larga escala, mas não são a favor, por agora, à aplicação prática da SGE.

Tendo em conta estas posições extremadas, o trabalho de Morrow (2020) aparenta um maior equilíbrio de ideias. Neste trabalho é proposta uma ideia de investigação em SGE baseada no conceito de “missão conduzida” (“mission-driven”) com o objetivo de definir as regras para essa mesma investigação tendo em conta todas as vertentes envolvidas, além da investigação ele própria. Nomeadamente, a identificação das questões que devem ser abordadas pelos “fazedores de políticas”, providenciar os meios para a governação da investigação em SGE e evitar a dominação internacional tendo por base a SGE.

No entanto, apesar de todas as opiniões contrárias à geoengenharia solar, a ciência não vê razões para parar. A Figura 2 mostra uma “Abordagem Visionária do Escudo Solar Planetário Internacional (IPSS)” (Baum et al., 2022). Neste caso a engenharia climática muda de dimensão e desloca-se para o nível planetário. Verifica-se na prática que a geoengenharia espacial está a chamar a atenção dos cientistas, como mostra este estudo. Além de alguns estudos especializados, a literatura sobre geoengenharia espacial permanece ainda limitada.

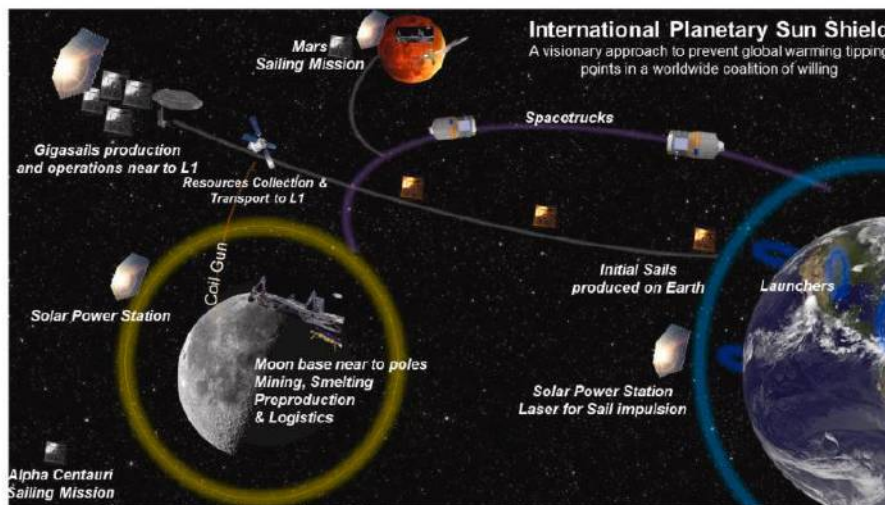


Fig. 2: Uma Abordagem Visionária do Escudo Solar Planetário Internacional (IPSS): incluindo missões para Marte e Alpha Centauri, bases lunares, bem como canhões de bobinas eletromagnéticas e camiões espaciais (fonte: Baum et al., 2022)

4. Conclusão

Tendo em conta as mudanças atuais no clima, a forma como as elites decisórias veem a importância da SGE no sentido de estabelecer uma ordem geopolítica e socioeconómica e, ao mesmo tempo, o grau de extensão com que os proponentes da SGE são capazes de alterar uma certa visão distópica que predomina, serão preponderantes no futuro.

A resposta sobre se a SGE poderá ser um pilar adicional na política do clima parece estar longe de ser dada. Talvez se espere que nunca seja necessário, mas poderemos rezear de que de facto o seja.

Referências

- Baskin, J. (2019). *Geoengineering, the Anthropocene and the End of Nature*. Palgrave Macmillan.
- Baum, C.M., Low, S. & Sovacool, B.K. (2022). Between the sun and us: Expert perceptions on the innovation, policy, and deep uncertainties of space-based solar geoengineering. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112179.
- Biermann, F., Oomen, J., Gupta, A., Ali, S.H., Conca, K., Hajer, M.A., Kashwan, P., Kotzé, L.J., Leach, M., Messner, D., Okereke, C., Persson, A., Potočník, J., Schlosberg, D., Scobie, M. & VanDeveer S.D. (2022). Solar geoengineering: The case for an international non-use agreement. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 13(3), e754.
- Dai, Z., Burns, E.T., Irvine, P.J., Tingley, D.H., Xu, J. & Keith, D.W. (2021). Elicitation of US and Chinese expert judgments show consistent views on solar geoengineering. *Humanit Soc Sci Commun* 8, 18.
- Dunne, D. (2018, julho 29). Six ideas to limit global warming with solar geoengineering (Part 1). *Red Green and Blue*. Retirado de: <http://redgreenandblue.org/2018/07/29/six-ideas-limit-global-warming-solar-geoengineering-part-1>
- Golja, C. (2017, dezembro 20). Solar Geoengineering: Is controlling our climate possible? *Science in the news, Harvard University*. Retirado de: <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/solar-geoengineering-controlling-climate-possible>
- Hulme, M. (2014). *Can Science Fix Climate Change? A Case Against Climate Engineering*. Polity Press.
- Jasanoff, S. (2015). *Future Imperfect: Science, Technology, and the Imaginations of Modernity*. In: S. Jasanoff & S.-H. Kim (Eds.), *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power* (pp. 1-33). Chicago University Press.

Keith, D.W. (2013). *A case for climate engineering*. MIT Press.

Morrow, D.R. (2020) A mission-driven research program on solar geoengineering could promote justice and legitimacy. *Critical Review of International Social and Political Philosophy* 23(5), pp. 618-640.