

O meio ambiente e suas controvérsias: um olhar da história da ciência

The environment and its controversies: a look at the history of science

Gildo Magalhães¹

1.
Professor Titular do Departamento de História, Diretor do Centro de História da Ciência, Universidade de São Paulo. Endereço: Departamento de História, Av. Lineu Prestes, 338, Cidade Universitária, CEP 05508-000, São Paulo, SP. E-mail: gildomsantos@hotmail.com

Resumo

As questões que envolvem o meio ambiente tornaram-se foco de atenção nos meios político, científico, cultural e de comunicação. A história da ciência pode iluminar alguns dos meandros entrelaçados e subjacentes ao desenvolvimento das preocupações atuais a esse respeito. O presente texto faz um resumo panorâmico das origens e controvérsias que cercam o assunto, apontando para a complexidade do tema e a necessidade de empreender discussões científicas mais aprofundadas, que, mesmo não sendo desapaixonadas e neutras, precisam alçar vôo para não ficarem no terreno rasteiro das meras opiniões.

Palavras-chave

meio ambiente; ecologia; história.

Abstract

Issues surrounding the environment have become a focus of attention in political, scientific, cultural, and media circles. History of Science can illuminate some of the entangled meanders underlying the development of current concerns about the environment. This paper will provide a panoramic summary of the origins and controversies surrounding the subject, pointing to the complexity of the issue and the need to undertake more in-depth scientific discussions, which, while not dispassionate and neutral, need to take off if they are not to remain on the low ground of mere opinions.

Keywords

environment; ecology; history

O terremoto de Lisboa

Em 1º de novembro de 1755 um grande terremoto sacudiu a cidade de Lisboa, seguido de maremoto e incêndio. O abalo desencadeou um tsunami com ondas de até 30 m de altura. Como resultado da catástrofe, estima-se que houve de 10 mil a 30 mil mortos e a destruição de boa parte das edificações, principalmente na parte medieval da cidade e nas regiões que margeiam o Rio Tejo, deixando cerca de 100 mil pessoas desabrigadas (Figura 1). Algumas estimativas indicam que o terremoto atingiu o grau 9 na escala Richter. O maremoto chegou a ser sentido na costa do Brasil, do outro lado do Atlântico e em outro hemisfério.



Figura 1.
O terremoto de Lisboa (1755) –
Ilustração do século XIX. Fonte:
Wikipedia

Na sequência, houve uma série de pilhagens, assassinatos e atos de vandalismo. A ordem foi restabelecida graças à ação do ministro e Marquês de Pombal, que puniu severamente os delitos e em seguida coordenou o planejamento e a reconstrução de uma cidade com traçado mais moderno, ainda hoje evidenciado pela Avenida da Liberdade, onde se situa uma imponente estátua de Pombal.

2.
Poème sur le désastre de Lisbonne ou examen de cet axiome: Tout est bien.
Acessível em https://fr.wikisource.org/wiki/Po%C3%A8me_sur_le_d%C3%A9sastre_de_Lisbonne/%C3%89dition_Garnier, o título já confirma a diátribe contra Leibniz.

3.
"Carta de J. J. Rousseau ao Senhor de Voltaire", em <https://www.unicamp.br/~jmarques/trad/Escritos.pdf>

O incidente repercutiu internacionalmente, sobretudo na Europa, onde surgiu um debate intenso sobre a tragédia. Diversos intelectuais manifestaram-se a respeito, como foi o caso de Voltaire e Rousseau, cujas posições tornaram-se exemplares de interpretações que, metamorfoseadas, ainda agitam nos dias de hoje a discussão sobre o meio ambiente.

No *Poema sobre o desastre de Lisboa*, escrito em março de 1756, o escritor Voltaire (François-Marie Arouet, 1694-1778) clama que não existe algo como a Divina Providência ou, se ela existe, Deus não se importa com os inocentes, uma vez que não coíbe um evento mortífero desse porte, que atinge a todos, independentemente de serem inocentes ou não, aos olhos divinos.² Ele expõe ainda, nesse poema, um feroz ataque ao filósofo Leibniz, assim como fará, mais tarde, na novela *Cândido ou o Otimismo* (de 1759), a quem acusa de difundir uma ideia falsa, a saber que este é o melhor dos mundos possíveis.

Na verdade, Voltaire não entendeu a proposta leibniziana de um mundo em que as leis naturais mostram-se otimizadas de vários pontos de vista e tenta ridicularizar o que julgou ser um ingênuo otimismo, apelando para as falhas de caráter humano que, como o terremoto, não são coibidas por uma divindade supostamente justa e boa. O poema recebeu uma resposta de outro escritor, Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), que, em carta datada de 18 de agosto de 1756, exime a responsabilidade da Divina Providência e prefere culpar os homens pelo acontecido.³ Estes é que teriam violado a harmonia da natureza, pois construíram em Lisboa edifícios tão altos e aglomeraram-se neles, em vez de terem procurado outros sítios para se instalar. O raciocínio rousseauiano é semelhante ao daquelas autoridades que, em face de calamidades como enchentes, deslizamento de encostas com soterramento de pessoas e casas, e outros desse tipo, se limitam a comentar que a culpa é dos moradores das áreas afetadas, que desafiaram a natureza e foram construir suas habitações em zonas de perigo – argumento que não considera os motivos sociais e econômicos que levaram as pessoas a residir em tais locais.

Como veremos a seguir, ambas as posições sobre o terremoto incidem diretamente sobre as concepções de

4. Immanuel Kant, *Escritos sobre o terramoto de Lisboa* (Lisboa: Ed. 70, 2019), que contém os três ensaios de Kant a respeito do evento.

5. Thomas Malthus, *Ensaio sobre a população* (São Paulo: Nova Cultural, 1996). Esta obra é uma clara demonstração de como a economia política é fortemente impregnada de ideologias.

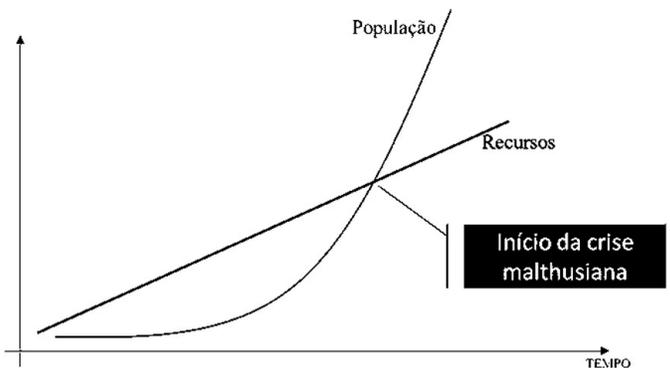
um arauto do liberalismo econômico, Malthus, e repercutem na questão ambiental.

Contemporaneamente àquele debate, o filósofo Iluminista Immanuel Kant (1724-1804) argumentou em seus escritos sobre o terremoto de Lisboa, entre fevereiro e março de 1756, que não era o caso de invocar ou condenar a Divina Providência, mas sim procurar as causas naturais para o desastre, sugerindo que deveriam estar nas estruturas geológicas abaixo da região afetada pelo terremoto.⁴ Para Kant, esse conhecimento seria eficaz para evitar novas hecatombes no futuro, assegurando uma convivência entre eventos naturais e a ação humana.

As bases da teoria malthusiana

Segundo sustenta o Reverendo e economista político Thomas Malthus (1766-1834), em seu *Ensaio sobre a população* (1798), a população humana aumenta com o tempo seguindo uma progressão geométrica, isto é, exponencialmente, ao passo que os recursos para sustentar essa população crescem em proporção aritmética, ou linearmente com o tempo.⁵ Em consequência, chegaria um momento em que o crescimento populacional ultrapassaria a sua capacidade de sustentação (Figura 2), evidenciando uma crise de escassez dos recursos necessários para a sobrevivência (alimentos, água, vestuário, habitação, energia e outros itens).

Figura 2. A teoria malthusiana. Fonte: Wikipedia



6. O Clube de Roma tem caráter claramente oligárquico, tendo propagado em primeira hora as virtudes do neoliberalismo e da globalização, apesar de tentativas posteriores de abrandar o tom fortemente malthusiano da análise. O relatório original está disponível em <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>

Atribuindo à superpopulação a causa da crise, Malthus acrescenta que há alguns remédios paliativos para esse descompasso, alguns naturais e outros provenientes da intervenção humana. Entre os naturais se incluíam epidemias, como as pestes e outras doenças que dizimam as populações, e catástrofes, como os terremotos, erupções vulcânicas, enchentes, secas prolongadas e outros efeitos que o homem não conseguiria prever ou controlar, e que resultam em mortes, diminuindo, portanto, o crescimento populacional e a pressão sobre os recursos disponíveis.

Já sobre as providências humanas para enfrentar a crise, o Reverendo cita os efeitos das guerras, da fome e da pobreza, bem como da associação de ignorância com a maior mortalidade. Nesse sentido, recomenda que os pobres não recebam auxílios do governo para se alimentar ou enfrentar o frio, como era usual, nem tampouco para estudar. Para ele, aqueles que fossem capazes de sobreviver, apesar das suas más condições de vida, mereceriam a recompensa de saírem por si mesmos de sua condição precária, ao contrário dos fracos, que acabariam por perecer, talvez com o benefício ainda de não deixarem uma descendência. O Estado e a Igreja não deveriam ajudar quem não tem condições, estando assegurada a sobrevivência apenas dos mais fortes (ficando cunhada essa expressão, mais tarde aproveitada pelo evolucionismo darwinista).

Como é sabido, o raciocínio malthusiano continua sendo empregado, especialmente no cenário neoliberal e da globalização atual, que vieram reforçar o ataque contra o Estado nacional e as preocupações com políticas públicas de bem-estar social, que consideram o aumento populacional um problema capital. Um dos exemplos mais contundentes dessa manifestação no século XX foi a obra *The limits to growth*, de 1972, encomendada a um grupo do MIT (Massachusetts Institute of Technology) pela organização denominada Clube de Roma.⁶ Sua tese, que ficou também conhecida como "crescimento nulo", era exatamente de que a população humana mundial precisava ter seu crescimento reduzido drasticamente, para que no limiar do século XXI não se chegasse ao ponto da crise malthusiana. O crescimento ilimitado da população esmagaria as chances de suficiência dos recursos naturais,

7.

Para uma demonstração dessa inviabilidade e a proposta de uma economia construída na base da ciência e da transformação sustentável da natureza, vide Jonathan Tennenbaum, *A economia física do desenvolvimento nacional* (Rio de Janeiro: Capax Dei, 2016).

que seriam finitos, como os combustíveis fósseis (especialmente o petróleo, cujo esgotamento até 2001 seria inevitável).

Como solução, o Clube de Roma pregou a diminuição do crescimento populacional, para economizar os recursos, o que redundou no incentivo a práticas como esterilização de mulheres pobres em regiões subdesenvolvidas do globo. Em suas sugestões havia algo, porém, igualmente drástico, que seria a humanidade mudar de uma sociedade industrial para uma pós-industrial, recomendação que a onda neoliberal que se instalou no mundo a partir da década de 1980 também viu com bons olhos, induzindo políticas de substituição da atividade industrial por uma sociedade predominantemente de serviços, não importando a viabilidade de uma economia fisicamente significativa (isto é, não virtualmente) conseguir realizar tais políticas.⁷

É sabido que algumas previsões feitas nesse contexto foram confirmadas, mas isso bem poderia ser porque as práticas associadas ao malthusianismo foram induzidas, e não porque havia um determinismo político-econômico nessa direção. O crescimento populacional em diversas regiões do mundo, especialmente na Europa, foi reduzido ou até se tornou negativo; os choques do petróleo usaram como pretexto a guerra do Yom Kippur contra Israel (1973), o golpe no Irã (1979), a guerra Irã-Iraque (década de 1980). A desindustrialização foi geral, atingindo desde nações com economia forte (como os EUA) até países cuja industrialização tardia ainda estava a meio do caminho (como o Brasil). Muitos adeptos do movimento ambientalista têm, conscientemente ou não, utilizado bases de argumentação análogas às do crescimento limitado, assunto a que voltaremos mais à frente.

Neste ponto, cabe determinar o que poderiam ser as principais falhas no raciocínio malthusiano. Em primeiro lugar, ele prega que não se deve ultrapassar o equilíbrio entre população e recursos, mas o que se verifica na natureza é que predomina um desequilíbrio permanente, pois ela está sempre se transformando, e a própria evolução das espécies dá-se graças a desequilíbrios ecológicos, evidenciados no passado por escassez de alimentos e água. Em especial, dentre todas as espécies vivas, a humana esteve sempre ainda mais distante do equilíbrio ecológico

estático, pois conseguiu criar seu próprio *habitat*, desde as florestas até os desertos, em extremos de temperatura e altitude, indo inclusive habitar por períodos cada vez maiores sob as águas e no espaço fora da Terra.

Em segundo lugar, e isto é decisivo, o malthusianismo desconhece o efeito dos avanços no conhecimento científico e nas mudanças de tecnologia, que alteram e aumentam exponencialmente (isto é, não linearmente) os recursos. As transformações resultantes do crescente conhecimento humano, *de per si* desequilibram a relação humana com o meio ambiente, como ocorreu desde a invenção do fogo. A natureza transformada pela aplicação da ciência revela recursos naturais antes ignorados – vide o caso da energia provinda de combustíveis fósseis ou nucleares – ou cria novos recursos pela reciclagem de recursos já disponíveis ou até mesmo já usados – como na dessalinização da água do mar ou no aproveitamento do lixo para produzir fertilizantes ou gases capazes de fornecer combustível para gerar eletricidade. É verdade que a ciência e a tecnologia podem acarretar problemas, e muitas vezes o fizeram, mas a solução desses problemas dá-se pelo uso de novas, e em geral mais avançadas, tecnologias, e não por uma regressão a tecnologias já ultrapassadas ou à renúncia ingênua dos benefícios do progresso científico.

A consequência é que o ponto da “crise malthusiana” entre população e recursos pode ser dramaticamente alterado pelo próprio homem. Recursos são definidos historicamente, e a dinâmica população \times recursos não tem um ponto fixo de encontro, como imaginou Malthus, nem previamente calculável no tempo, como pregado pelo Clube de Roma. Conclui-se, então, que a principal deficiência do esquema malthusiano é sua ignorância da história da ciência. Resta ainda examinar o quanto indefinidamente a crise pode ser evitada, como será elaborado mais adiante.

A entropia crescente do Universo: pânico

No século XIX, houve um recrudescimento de perspectivas malthusianas, principalmente na Grã-Bretanha, devido à expansão do seu imperialismo, predador de recursos e de populações, paralelamente à releitura das ideias de

8.

Embora sempre haja uma perda da força poética do original, proponho a seguinte tradução para Fogo e Gelo: *Uns dizem que o mundo acabará em fogo / Outros dizem que em gelo. / Do que saboreei do desejo em jogo / Estou com os que preferem o fogo. / Mas se tivesse que dobrar o flagelo, / Acho que conheço do ódio o bastante / Para dizer que a destruição o gelo / Também garante / E bastaria para fazê-lo.*

sobrevivência do mais apto, reforçadas após a publicação, em 1859, de *A origem das espécies*, de Charles Darwin (1809-1882). Isso se tornou ainda mais agudo com a defesa do darwinismo social empreendida pelo popular escritor Herbert Spencer (1820-1903), que advogou o desaparecimento ou a minimização do Estado nacional.

Foi nesse ambiente que proliferou a ideia de morte térmica do Universo, introduzida pelo famoso físico e empresário Lorde Kelvin (William Thomson, 1824-1907) na segunda metade do século XIX. No caso particular da Terra, a morte térmica viria quando o Sol diminuísse de tal forma sua atividade, que não fosse mais possível o aquecimento de nosso planeta em níveis capazes de suportar a vida.

Surgiu então uma controvérsia, pois, segundo outros cientistas, em alguns bilhões de anos o Sol, ao se enfraquecer, se tornaria uma estrela vermelha gigante com a qual se chocaria a Terra, incinerando o planeta e seus habitantes. Outros ainda defendiam a hipótese de que a ação gravitacional do Sol também se enfraqueceria tanto, a ponto de a Terra desgarrar-se de sua órbita, acabando por se tornar uma massa gélida onde a vida humana não seria possível.

Essas perspectivas chocaram muitas pessoas, chegando a criar uma aura de desespero e um clima de pessimismo, que se refletiu na filosofia e na cultura, que já tinha essa mensagem de desalento nas obras de Arthur Schopenhauer (1788-1860) e Friedrich Nietzsche (1844-1900). As tendências niilistas invadiram o século XX e seguidamente os jornais e livros exprimiram o pânico gerado pelo que seria o fim dos tempos para a espécie humana. O poeta norte-americano Robert Frost (1874-1963) expressou bem essa angústia em seu famoso poema *Fire and Ice* (1920):

*Some say the world will end in fire,
Some say in ice.
From what I've tasted of desire
I hold with those who favor fire.
But if it had to perish twice,
I think I know enough of hate
To say that for destruction ice
Is also great
And would suffice.⁸*

9.
Ver Arthur Hermann, *A ideia de decadência na História Ocidental* (Rio de Janeiro: Record, 1999), para uma ampla e bem documentada genealogia dessas ideias até os dias de hoje.

10.
Joan Martínez Alier e Klaus Schlüppmann, *La ecología y la economía* (México: Fondo de Cultura Económica, 1991), em que diversas teorias científicas são examinadas, especialmente as contribuições da entropia para a economia na obra de Frederick Soddy.

11.
Embora *A biosfera*, uma obra anterior, tenha sido divulgada a partir da tradução publicada nos Estados Unidos em 1998, onde atraiu imediatamente a atenção de cientistas como Lynn Margulis, o pensamento mais completo está em Vladimir Vernadsky, *Scientist thought as a planetary phenomenon* (Moscow: Nongovernmental Ecological V. I. Vernadsky Foundation, 1997), do qual há uma tradução do primeiro capítulo, "O pensamento científico como fenômeno planetário – Vladimir Vernadsky" em *Khronos*, n. 4, 2017.

Essa angústia sobre o final da humanidade e sua morte térmica por fogo ou gelo veio a se somar a um tema da termodinâmica muito em voga e que se espalhou para outros campos do conhecimento. Em 1865 o físico alemão Rudolf Clausius (1822-1888) cunhou o termo "entropia" para designar a perda de conteúdo energético que é dissipado na forma de calor em um processo qualquer. A entropia não seria conservada mas aumentaria de forma irreversível, de modo que, como sempre há alguma perda de calor, em geral a entropia do Universo estaria aumentando. Essa afirmação ficou conhecida como "Segunda Lei da Termodinâmica" e, embora não houvesse nenhuma prova de sua verdade universal como "lei", foi adotada como um postulado razoável, sendo assim, portanto, muito mais um princípio do que uma lei física.

De toda maneira, essa noção de entropia acabou sendo adotada como um sinônimo da degradação energética e de organização ou ordem, sendo que, no limite, a entropia cresceria tanto que não seria mais possível extrair nenhum trabalho útil de nenhum processo, significando, num futuro distante, a morte não só de nosso sistema solar, mas de todo o Universo. Não foi surpresa, portanto, que a entropia fosse também usada para justificar a decadência cultural: as civilizações nascem, crescem e morrem.⁹ Além de diversos contextos em que foi usada a ideia de entropia (como na teoria da informação, em que ela implica a degradação das mensagens trocadas), é importante assinalar que a ciência econômica também sofreu influência da ideia de degradação entrópica, aplicada à geração de riqueza.¹⁰ No entanto, como observamos atrás, o aumento de entropia é apenas uma hipótese. Uma bem-sucedida manifestação contrária a essa visão seria formulada no primeiro quartel do século XX, como explicado a seguir.

A noosfera

O biogeoquímico soviético Vladimir Vernadsky (1863-1945, Figura 3) desenvolveu, na década de 1920, uma concepção de evolução natural em que admite uma transformação progressiva no planeta Terra ou, mais em geral, no Universo como um todo.¹¹ Haveria na matéria/energia uma capacidade de se auto-organizar, gerando cada vez

mais complexidade estrutural e funcional, de forma que essa propriedade propiciou o surgimento da vida. Criou-se então a "biosfera", uma camada onde aparecem seres vivos, que se estende em nosso planeta numa faixa de alguns quilômetros abaixo e acima do nível do mar.

A biosfera transformou a geosfera graças à ação do ser vivo, que modifica o não-vivo. Com a evolução da vida, foi possível surgir a espécie humana, cuja maior capacidade cognitiva possibilitou que na biosfera terrestre fosse paulatinamente dominante a razão, pelo uso da ciência. A "noosfera" passou a designar o alcance cada vez maior da humanidade, capaz de conhecer, pela ciência, a história de sua evolução e cujo potencial de ação não conhece limites. O pensamento científico atingido pela mente humana age como uma verdadeira força geológica, manifesta pela intervenção no meio físico graças à aplicação da ciência na tecnologia e industrialização. Nessa perspectiva, tal ação humana na geologia pode ser benéfica para o restante da natureza, inclusive para outros seres vivos.



Figura 3.
Vladimir Vernadsky (centro) e seus
alunos-assistentes na Universidade
de Moscou em 1911. Fonte:
Wikipedia

12.

Esta comparação de densidade energética e as seguintes estão em Gildo Magalhães (ed.), *História e energia: memória, informação e sociedade* (São Paulo: Alameda, 2012), capítulo "Energia e desenvolvimento na História", p. 51-68.

Essa visão otimista, além de estar em desacordo com o crescimento indefinido da entropia, saúda como bem-vindas as mudanças no planeta causadas pelo homem, pois Vernadsky concorda que o ser humano não vive em equilíbrio ecológico com a Natureza. O equilíbrio equivale à morte, ao passo que tudo está vivo e em permanente transformação. O planeta Terra não seria o limite para a humanidade, já que a biosfera e a noosfera estão em expansão permanente, o que exprime uma fé não ingênua no progresso ligado à ciência. Nesse nível, a noosfera não está limitada à Terra, já que a exploração espacial permitirá sua expansão para outros planetas, inclusive fora do sistema solar, desde que as viagens espaciais sejam feitas por veículos que não usem a propulsão de combustíveis químicos, como atualmente ocorre, mas outras formas de energia.

Uma das maneiras de aferir a intervenção humana na biosfera por meio da ciência é exatamente acompanhar a evolução do uso de energia. Ao nível das populações mais primitivas, o homem consumia produtos vegetais e também animais, que por sua vez também se alimentavam de vegetais ou de outros animais que caçavam aqueles primeiros. O outro uso da energia solar era para fazer fogueiras, a partir de lenha, também um produto vegetal. Assim sendo, a energia provinha primariamente do Sol, pela realização constante da reação de fotossíntese. Nessa situação, a biomassa fornece uma densidade energética de um milionésimo de Watt por metro quadrado.¹²

A partir do século XVI cresceu o consumo de carvão fóssil como energético e, no século XIX, a ele se somam outros produtos fósseis de energia, o gás e o petróleo. A densidade energética nesse caso chega a 10 Watts por metro quadrado, ou seja, 7 ordens de grandeza acima da da biomassa. As máquinas a vapor, a calefação e a iluminação artificial aproveitam esse aumento substancial, assim como a revolucionária geração e o consumo de energia elétrica, e a população humana aumenta pronunciadamente.

No período após a Segunda Guerra Mundial e depois de um infeliz encadeamento de decisões políticas que culminaram no bombardeamento atômico do Japão, começou o uso de energia nuclear, a partir da fissão do urânio e outros materiais radioativos, para aplicações

13.

Um consenso pode ser indicativo da prevalência de dogmas na ciência. Cf. Gildo Magalhães, "Por uma dialética das controvérsias: o fim do modelo positivista na história das ciências", *Estudos Avançados*, vol. 32, n. 94, 2018.

pacíficas tais como a produção de eletricidade, e aplicações sensacionais na agricultura e na saúde. A densidade energética com a fissão nuclear chega a 200 Watts por metro quadrado. Devido mais a problemas políticos do que técnico-científicos, ficou relativamente estagnada a pesquisa de energia nuclear de fusão, processo utilizado pelas estrelas na sua produção de energia e que chega a densidades da ordem de trilhões de Watts por metro quadrado. Uma tal grandeza energética, que além do mais está associada a combustíveis muito mais abundantes e baratos do que os que são utilizados atualmente, certamente faria enormes diferenças no deslocamento do ponto de crise malthusiana de recursos.

As controvérsias científicas e tecnológicas são importantes?

Teorias como a da noosfera podem apresentar um contraponto relevante para o malthusianismo. De uma maneira geral, estabelece-se assim uma controvérsia – aliás benéfica, pois estamos convictos de que a ciência avança através de controvérsias –, cuja existência, nesse sentido, pode ser até mais eficaz do que consensos. Muito da filosofia e sociologia da ciência tem sido dedicado a explorar como se chega ao consenso, no entanto é também importante reconhecer que o móvel do empreendimento científico não é buscar o consenso, mas sim a verdade. Porque o consenso pode ser obtido por motivações fora da ciência, por imposições políticas, acadêmicas, idiossincráticas ou de outra natureza.¹³ Forçoso é também reconhecer a inatingibilidade da verdade, pois o que a ciência consegue é, na melhor das hipóteses, chegar a resultados transitórios, que em certa escala são úteis e podem convergir para um consenso, mas nem sempre isso é atingido.

Ilustraremos muito brevemente a importância das controvérsias com alguns poucos exemplos tirados de algumas áreas científicas, para depois voltarmos à questão de outras controvérsias envolvendo o malthusianismo, destacando aquelas relacionadas com o meio ambiente.

No passado, algumas controvérsias foram razoavelmente dirimidas, embora não com a velocidade que normalmente se lhes atribui. Por exemplo, a disputa entre o geocentrismo e o heliocentrismo, que já existia na

14.

Tanto a controvérsia entre preformismo x epigenética quanto aquela que cercou a teoria da deriva continental estão apresentadas em Hal Hellman, *Grandes debates da ciência* (São Paulo: Editora da Unesp, 1999).

Grécia Antiga, recebeu um forte impulso na primeira metade do século XVII com os últimos trabalhos de Galileu Galilei (1564-1642), mas um primeiro passo para a verificação visual do movimento de rotação da Terra sobre seu eixo só foi possível em 1851 com a experiência do pêndulo de J. B. Léon Foucault (1819-1868). O que se passou com a teoria do flogisto foi semelhante, embora mais complexo. Proposta no século XVII por Georg Stahl (1659-1734), entre outros, considerava que o calor era uma substância (o flogisto), liberada para o ambiente durante a combustão, mas o célebre Antoine Lavoisier (1743-1794) adaptou a ideia e considerou que o que existia era uma substância denominada calórico, que passava de um corpo para outro. Essa nova teoria subsistiu até o século XIX, quando o resultado da controvérsia do calórico foi que se passou a entender que o calor era uma forma de energia. Um último exemplo é ilustrado pela teoria geológica da fixidez dos continentes atuais, que foi contrariada pela hipótese de Alfred Wegener (1880-1930), no início do século XX, de que há um lento deslocamento relativo entre eles. Essa hipótese da deriva continental foi ridicularizada na época, até que aos poucos a comunidade científica foi convencendo-se do seu acerto, principalmente mais tarde, após a descoberta da ação das placas tectônicas.

Outras teorias científicas desenvolveram controvérsias de longa duração, como as que opuseram o desenvolvimento embrionário a partir de algo já existente, o preformismo, ao desenvolvimento epigenético, em que a transformação se daria por fatores externos atuando sobre a constituição interna dos seres. Essa controvérsia continua existindo em termos de evolução, dado que o preformismo está contemporaneamente expresso pelos que defendem que tudo está contido no interior do genoma, ao passo que a epigênese admite uma ação que não está contida nas instruções genéticas.¹⁴

Atualmente existem muitas outras controvérsias científicas, várias delas antigas, e que a história da ciência vem expondo. Em geral, elas nem chegam a ser tratadas em seus campos específicos devido ao dogmatismo vigente, que prefere considerar que a verdade já foi atingida. Apenas para citar algumas dessas controvérsias acesas, temos: a validade ou não da chamada dualidade de onda versus partícula, na física quântica; o universo em

15. Complementos das controvérsias sobre fundamentos da física são apresentados de maneira acessível aos não especialistas em José Croca e Rui Moreira, *Diálogos sobre a física quântica: dos paradoxos à não-linearidade* (Rio de Janeiro: Capax Dei, 2010). Vide também Gildo Magalhães, *A trama do universo: evolução e eurtmia* (São Paulo: LiberArs, 2019).

16. Inclusive houve campanha política sobre a vacina produzida em São Paulo pelo Instituto Butantan, cuja tradição científica no campo da vacinação é secular e amplamente reconhecida internacionalmente.

expansão contínua, hoje defendido a partir de um evento que seria tipicamente criacionista, como o *big bang*, *versus* outros modelos cosmológicos; a existência de um "éter" no universo, ou meio subquântico, que permitiria as vibrações de ondas associadas ou não a "partículas"; o "atomismo" da indivisibilidade da matéria para além dos *quarks* formadores das "partículas" *versus* modelos que questionam a finitude da matéria/energia; a causalidade *versus* acaso nas mutações que levam à evolução biológica.¹⁵

Uma palavra de cautela: simples diferenças de opinião não constituem controvérsias científicas. As controvérsias científicas envolvem teorias, dados experimentais (quando aplicáveis) e suas interpretações, previsões de resultados e outras facetas do trabalho científico. Pode-se ilustrar o que é um conflito não científico com as opiniões sobre as vacinas, quando vão da descrença até as falsas informações. Um exemplo disso está na história da medicina, com as primeiras vacinas contra a varíola, empreendidas pelo médico Edward Jenner (1749-1823). Na época, a vacina era induzida a partir de pústulas da varíola bovina, o que gerou muitas inverdades, como a de que as pessoas vacinadas iriam desenvolver feições bovinas (Figura 4). Os falsos boatos também cercaram a campanha de Osvaldo Cruz (1872-1917) e que originou a Revolta da Vacina no Rio de Janeiro, em 1904. A população, não informada suficientemente da razão que tornava obrigatória a vacina contra a varíola, enfureceu-se, num ambiente que já vinha carregado de insatisfação social e econômica. No entanto, apesar do tumulto, muitas vidas foram salvas pela ação das equipes de vacinação. Recentemente, a pandemia de coronavírus também propiciou o surgimento de conflitos de opinião, em vez de puras controvérsias científicas sobre a eficácia das vacinas.¹⁶



Figura 4. Sátira contra a vacinação antivariólica de Edward Jenner. Gravura de J. Gillray (1802). Fonte: Wikipedia

Uma controvérsia bastante conflituosa, usada em disputas políticas, mas que é também fundamentalmente científica diz respeito ao aquecimento global, pelas suas implicações no meio ambiente, como será abordado a seguir.

Aquecimento ou resfriamento global?

Como foi mencionado anteriormente relativamente à entropia e morte do Universo, a controvérsia sobre se o planeta Terra caminha para um aquecimento ou resfriamento era entendida em função de causas naturais das temperaturas terrestres. No entanto, a partir dos anos 1980, cresce uma tendência de considerar a predominância de um componente fortemente antropogênico no clima, defendendo que as temperaturas estariam aumentando em função de atividades humanas, como a industrialização, o desmatamento e outras ações que precipitariam uma catástrofe nos recursos, ou em outras palavras, uma crise malthusiana.

A partir de então, o termo "aquecimento global" serviu para designar duas coisas: em primeiro lugar, uma teoria científica dentro da climatologia que, como tal,

17.

Este é um debate imenso, que não cabe neste espaço aprofundar. Para entender com alguma profundidade histórica a questão, vide entre outros: Richard Lindzen, "Global warming: the origin and nature of the alleged scientific consensus". *Regulation* v.15, 2 (1992); Luis Carlos Molion, "Global warming: a critical review", *Revista Geofísica*, v. 43, n. 1, 1995; Fred Singer, *Hot talk, cold science* (Oakland: The Independent Institute, 1999); Marcel Leroux, "Réchauffement global: une imposture scientifique!", *Fusion*, 95, 2003; Zbigniew Jaworowski, "Solar cycles, not CO2 determine climate", *21st Century*, v. 16, n. 4 (2004); Jeffrey Kargel, "Greenland's shrinking ice cover: 'fast times' but not that fast", *The Cryosphere*, 6, 2012. Steven Koonin, *Unsettled: what climate science tells us, what it doesn't, and why it matters* (Dallas: Benbella Books, 2021), é uma tentativa de mostrar para um público leigo em climatologia como o aquecimento global, ao contrário do que políticos e veículos midiáticos insistem, não é uma teoria consensual.

18.

Michael Crichton, autor de sucessos como *Jurassic Park – Parque dos Dinossauros* – em Estado de medo (Rio de Janeiro: Rocco: 2005), nos dá, por meio de uma obra de ficção, um retrato perigosamente real de como o aquecimento ou resfriamento global podem ser utilizados como armas geradoras de terrorismo e pânico na população, servindo objetivos econômicos e de controle de massas através de construções ideológicas.

poderia ser testada e contrastada com teorias contrárias, como a de que não está havendo aquecimento, ou a de que, se há aquecimento, ele não é antropogênico, mas continua a ser principalmente devido a causas naturais.¹⁷ Como visto atrás, a contraposição de teorias controversas vem ocorrendo ao longo dos séculos com teorias científicas, o que é usual e benéfico.

Em segundo lugar, "aquecimento global" presta-se a um uso político da questão, em geral associado com movimentos ambientalistas e que, pela ação da mídia, não discute em termos científicos a controvérsia, ao contrário do que defendemos aqui, pois considera que a ciência já demonstrou sua verdade, e quem não estiver de acordo com essa conclusão nem sequer pensa cientificamente, cabendo sua classificação entre os que negam o valor da ciência. Como reiteramos, essa é uma posição que, por não contribuir para o diálogo científico, se aproxima mais de uma visão dogmática e já vem sendo suficientemente exposta, motivo pelo qual não insistiremos nela.¹⁸ No que segue, vamos, pelo contrário, abordar alguns dos problemas que fazem parte do cenário da controvérsia propriamente científica da teoria do aquecimento global.

As temperaturas dos últimos decênios são ainda mais baixas do que as que ocorreram antes da época que os climatólogos denominam a "Pequena Idade do Gelo", período que durou, *grosso modo*, entre 1350 e 1880 (Figura 5). De fato, tem havido um pequeno aumento de temperaturas mais recentes, mas fica difícil atribuí-lo exclusivamente às atividades humanas. Há uma influência muito grande no clima advinda da atividade solar, tanto das manchas solares quanto da magnetosfera solar, bem como do fluxo de raios cósmicos em nossa atmosfera, em que há ciclos que duram anos, às vezes decênios ou mais. Além disso, erupções vulcânicas e correntes marítimas também se correlacionam com o clima terrestre.



Figura 5.
Caçadores na neve (1565), de Pieter Bruegel, o Velho - paisagem comum durante a Pequena Idade do Gelo -
Fonte: Wikipedia

É bem sabida a dificuldade da ciência da meteorologia em fazer previsões exatas. Isso não se deve a nenhuma deficiência intrínseca dessa ciência, mas sim à interveniência de muitas variáveis cuja velocidade de ação é complexa e não linear, não conseguindo ser adequadamente prevista nos modelos matemáticos que usamos. A climatologia também sofre esse tipo de percalço, apesar de avanços constantes nas observações e técnicas utilizadas. Se já é difícil fazer previsões meteorológicas de curto prazo, a dificuldade aumenta mais ainda para previsões climatológicas de médio e longo alcance.

No século XVI, inventaram-se instrumentos fundamentais para medir temperatura, pressão, umidade, e apenas em meados do século XIX foi criada a primeira rede meteorológica europeia, e ainda nesse mesmo século começou-se a estudar a estratosfera por meio de balões equipados com instrumentos. Por conta disso, os dados climáticos de apenas poucas cidades são bem conhecidos e algumas delas têm no máximo cerca de dois séculos de observações mais precisas e constantes. A partir de então,

foram elaboradas teorias climáticas mais modernas da Terra e, nos anos 1930, começou-se a compreender a influência do fenômeno das correntes marítimas de El Niño na atmosfera e, depois, o papel dos gases liberados na atmosfera com que, graças ao efeito estufa do dióxido de carbono, existe um componente essencial para que haja vida na Terra. Sabe-se hoje que temperaturas e concentrações de gás carbônico moderadamente elevadas favorecem a exuberância das florestas e da própria agricultura. As perfurações para exame de amostras de gelo permanente em glaciares ajudaram a conhecer o clima em épocas passadas, mas há muita controvérsia em interpretar esses dados para correlacionar aumentos de temperatura globais com a industrialização e o uso de combustíveis fósseis.

Com essas observações preliminares, abordaremos, por fim, a correlação entre os vários assuntos introduzidos neste texto e o meio ambiente.

O meio ambiente: sustentável mas não inviolável

Quando o biólogo darwinista Ernst Haeckel criou, em 1866, a palavra "ecologia", foi para estudar a relação entre os seres vivos e o seu ambiente, sugerindo a criação do que de fato se tornou uma ciência dentro da biologia. Houve, porém, especialmente na segunda metade do século XX, uma gradual formação de um pensamento não exatamente científico, mas de cunho político, que deveria mais propriamente ser chamado de "ecologismo". Aproveitando o idealismo dos jovens e a descrença num mundo economicamente e socialmente mais equilibrado, após a queda do Muro de Berlim e o avanço avassalador de um capitalismo que foi solapando a construção do bem-estar atingido em países mais desenvolvidos, abraçar causas ambientalistas foi tornando-se cada vez mais popular e até propiciou uma intersecção entre objetivos nobres e outros não tão im-polutos e estabelecidos por organizações coniventes exatamente com a exploração causada pelo capitalismo mais selvagem.

Na história da ecologia, Pascal Acot aponta como a ideologia do "retorno ao sagrado" reivindicou uma negação da descontinuidade entre natureza e sociedade, ou

19.

Pascal Acot, *História da ecologia* (Rio de Janeiro: Campus, 1990), em que apresenta um estudo panorâmico mostrando as relações entre biologia, ecologia e política ao longo dos tempos.

seja, não considerar que historicamente o homem sempre lutou para dominar a natureza. A partir da Conferência de Estocolmo (1972), assinala-se que mudou a aspiração ao domínio científico do meio ambiente, considerando a natureza como um meio, e não como um fim em si mesma, substituída pela ideologia ecologista inversa, de que a natureza é o fim e a sociedade um meio para garantir a sobrevivência do planeta.¹⁹ A clivagem envolvia também movimentos políticos divergentes, pois, mesmo distante de ideias socialistas, países pobres e atrasados em relação às economias ricas viam com desconfiança a tentativa por meio do ambientalismo de refrear seus anseios de industrialização, acusados de causar poluição ambiental, como se muitas dessas economias avançadas não tivessem feito o mesmo. Esses temas voltaram a aparecer nas demais conferências ambientais, como a do Rio de Janeiro (1992), a de Kyoto (1997) e a de Paris (2021), em que ocorreu a capitulação à supremacia da "mãe natureza" e firmou-se o entrelaçamento entre metas ambientais e climáticas, adotando as conclusões dos cientistas filiados à teoria do aquecimento global.

Figura 5. Caçadores na neve (1565), de Pieter Bruegel, o Velho - paisagem comum durante a Pequena Idade do Gelo - Fonte: Wikipedia



20.

Simon Schama, *Paisagem e memória* (São Paulo: Companhia das Letras, 1996), p. 33-250, faz uma demonstração convincente do mito das verdes matas na cultura alemã e no nazismo.

21.

Antonio Carlos Diegues, *O mito moderno da natureza intocada* (São Paulo: Hucitec, 1996), analisa a história da criação de parques e reservas naturais intocadas e das várias ideologias de admiração e reverência que chegam à adoração da natureza, denunciando o preservacionismo radical.

22.

É o que denunciou Bjorn Lomborg, *O ambientalista cético* (Rio de Janeiro: Elsevier, 2002). Ex-diretor da ONG *Greenpeace*, esse professor de estatística percebeu quanto a ciência era desvirtuada para criar falsas estatísticas neomalthusianas envolvendo a suposta escassez de recursos naturais e da biodiversidade, bem como o aquecimento global e os efeitos da poluição. O *Greenpeace* notabilizou-se por um ativismo que incluiu manifestações violentas.

O retorno à sacração da natureza é uma característica de muitos movimentos ambientalistas, com raízes profundas na história da humanidade. A evangelização da Germânia teve um momento simbólico contrário, quando o missionário São Bonifácio, no ano de 723, cortou o carvalho consagrado ao deus nórdico Thor, e, mesmo assim, não foi fulminado por raios, como se supunha que aconteceria (Figura 6). Simbolicamente, Bonifácio usou a madeira do carvalho para construir uma pequena capela, assinalando o início da cristianização do que seria a Alemanha. O mito da natureza intocada voltou modernamente, considerando-a sagrada e inviolável. Uma conexão interessante e pouco abordada foi a ligação do nazismo com essa valorização do natural, ao mesmo tempo em que expressava uma ideologia anti-humanista segundo a qual os bosques teriam de ser reservados para uma raça superior.²⁰

O ativismo contra a destruição da natureza pela sociedade tecnológica e industrial pode ser crítica tanto do capitalismo quanto do socialismo. A partir dos anos 1960 e 1970, tomou a forma atual de ecologismo, frequentemente associado com os direitos das minorias e o anticonsumismo (ao menos em teoria).²¹ Isso é expresso nas tendências da "ecologia profunda", de raízes malthusianas, cujo radicalismo político tem nutrido a formação de "partidos verdes" por todo o mundo. Um exemplo extremo é o da Alemanha, onde esse partido conseguiu fechar as usinas nucleares, símbolo da renegada tecnologia – mas que redundou em uma crise energética de piores consequências, como a reativação de usinas térmicas a carvão, altamente poluidoras do ar, e a dependência de importação de gás e óleo combustível. Organizações não governamentais muitas vezes escondem por trás de sedes internacionais interesses inconfessáveis ligados exatamente aos imperativos de oligarquias plutocráticas, que não hesitam em recorrer a ações que chegam a ser terroristas.²²

Vão nesse sentido também os chamados "créditos de carbono", verdadeiras simonias atuais, inspiradas na prática denunciada por Martinho Lutero (1483-1546) de permissão para cometer pecados, atos proibidos pela doutrina cristã, em troca da venda, pela Igreja, de perdão após a morte do pecador. O crédito de carbono é

uma permissão comprada por uma empresa para poder emitir gás carbônico, mesmo admitindo-se que esse gás contribua para o efeito estufa da atmosfera e, portanto, para o aquecimento global – premissas que, como mencionamos, são duvidáveis e deveriam ser cientificamente discutidas – mas o fato é que o mercado de carbono é um empreendimento especulativo de compra e venda.

Com essas observações gerais, voltamos a um dos pontos capitais tratados atrás: a atividade humana não se compatibiliza com o equilíbrio em relação ao meio ambiente originalmente desenvolvido pela natureza. Caso existisse o equilíbrio, o ser humano ainda não passaria de talvez algumas centenas de milhares de seres vivendo praticamente sem impactar o meio ambiente. Os humanoides que deram origem ao homo faber, ao homo sapiens caracterizaram-se por desenvolver ferramentas e técnicas, pela criação da ciência e da arte, e com isso transformaram o planeta e sua natureza de forma definitiva. Não é possível para os humanos encarar seus desafios de sobrevivência sem o pensamento antropocêntrico, e nisso não deveria haver demérito algum. É apenas nesse sentido que é possível formular uma teoria de sustentabilidade que seja diferente daquela de manter um equilíbrio homeostático. O crescimento é que deve ser sustentável, ao lado dos recursos expansíveis pela ciência.

Isso não significa uma defesa de ações deletérias empreendidas contra o meio ambiente e que revelam não mais do que a cupidez pecuniária. O antropocentrismo não poderia ser usado contra o homem, e ações injustificáveis como desmatamentos ilegais, incêndios, poluição etc. são em si contra o bem-estar do próprio ser humano. A defesa do meio ambiente é não somente necessária, mas indispensável para que a busca exclusiva do lucro não restrinja as possibilidades de continuidade do desenvolvimento econômico e populacional. Mas essa defesa não se justifica como expressão de malthusianismo. A sustentabilidade deve ser um "caminho do meio" entre a destruição do ambiente e a sua intocabilidade. É possível encontrar essa via sem cair na pura utopia ou no anarquismo?

A ecologia humana urbana é a que mais diz respeito à população brasileira, desde que, no país, o contingente rural começou a ser sobrepujado pelo da cidade. E nossas cidades, especialmente as de grande porte, são um horror

ambiental. Rios, lagos e mares são usados para despejo de esgoto (e muito dele é doméstico, sem tratamento, e não industrial), deixando cada vez mais cara a obtenção de água potável e água para lazer. As periferias pobres, por falta de moradia, veem-se forçadas a avançar sobre ricas reservas florestais, promovendo desmatamento, formando loteamentos oficiais ou clandestinos, que fazem questão de deixar a terra arrasada e nua, onde não vicejam árvores nem parques para lazer. A ciência do urbanismo não é convocada para projetar as artérias para transporte, nem as diminutas ou inexistentes redes de transporte de massa, ou para prever o paisagismo agradável e destinado a todos, e não a minorias privilegiadas. Prédios de apartamentos, que nem insolação adequada recebem, multiplicam-se desordenadamente, tudo compõe um quadro agravado por sucessivas crises econômicas e concentração de renda de tal magnitude que lançam famílias seguidamente para morar e passar fome nas ruas, piorando ainda mais as precárias condições sanitárias e de higiene.

Em meio a esse caldo onde viceja facilmente o pessimismo, a violência e o sofrimento, não se vê uma luta por uma ecologia urbana capaz de amenizar a aridez de nossas cidades. Para as pessoas idealistas, uma alternativa tem sido buscar resolver outros problemas de ecologia, mesmo que mais distantes, como salvar a Mata Atlântica ou espécies ameaçadas de extinção, sem atentar para os problemas ainda maiores que estão no próprio meio ambiente em que habitam e nos seres de sua própria espécie à sua volta, que vegetam numa vida miserável.

Naturalmente, a ecologia não urbana também é objeto da responsabilidade social, pois, no momento em que não pudesse haver mais fotossíntese, cessaria a vida. Vale a pena transformar áreas degradadas com o reflorestamento de espécies nativas, manter a vegetação nas cabeceiras dos rios e outras iniciativas, ultrapassando a visão limitada do ambientalismo antitecnológico. É marcante que em muitas áreas declaradas de proteção ambiental vivem populações pobres e que permanecem à margem de benefícios sociais e econômicos, e que os grupos indígenas para os quais supostamente foi feita a reserva acabam sendo aliados de uma integração que lhes seria benéfica.

Muitas vezes, a proposta de sustentabilidade é equivalente à intocabilidade do meio ambiente, mas em países em desenvolvimento isso pode esconder um substrato malthusiano. É questionável se seria eticamente defensável manter populações num estado de baixa qualidade de vida em nome de um suposto bem-estar de gerações futuras. Caso não haja mudanças estruturais na sociedade, essas gerações vindouras continuarão excluindo grandes massas populacionais dos benefícios trazidos pelo progresso econômico, que continuarão a viver ao lado daquelas no topo da pirâmide da concentração de renda. As oligarquias dos países ricos parecem desejar perpetuar para si o desfrute de recursos naturais. Essas questões permanecem sem resposta mais efetiva e abrangente por parte dos ecologismos, mas sabemos que para diminuir a fome é necessário haver crescimento econômico e uma distribuição de renda mais igualitária. De acordo com os relatórios anuais da FAO (Organização para Comida e Agricultura, das Nações Unidas), existe comida para alimentar uma população mundial bem maior do que a atual e, no entanto, há fome e desnutrição em abundância porque os recursos não são distribuídos com justiça.

A história humana inclui a natureza, onde o homem precisa intervir para se proteger e sobreviver sem virar presa de fenômenos naturais como o terremoto de Lisboa. À guisa de conclusão, é possível evitar os males do malthusianismo, assim como do individualismo, destinos que não são inevitáveis. O uso da ciência e da tecnologia não é incompatível com – pelo contrário, é imprescindível para – a sustentabilidade dos recursos naturais, que devem ser preservados para as gerações futuras, mas sem serem artificialmente transformados em imensos museus. A sustentabilidade necessita o crescimento, não a estagnação – é o que mostra a história, incluindo a história da ciência.

Referências

- ACOT, Pascal. **História da ecologia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- CRICHTON, Michael. **Estado de medo**. Rio de Janeiro: Rocco, 2005.
- CROCA, José e MOREIRA, Rui. **Diálogos sobre a física quântica: dos paradoxos à não-linearidade**. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2010.
- DIEGUES, Antônio Carlos. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: Hucitec, 1996.
- HELLMAN, Hal. **Grandes debates da ciência**. São Paulo: Editora da Unesp, 1999.
- HERMANN, Arthur. **A ideia de decadência na História Ocidental**. Rio de Janeiro: Record, 1999.
- JAWOROSKI, Zbigniew. **"Solar cycles, not CO2 determine climate"**. 21st Century, v.16, nº 4, 2004.
- KANT, Immanuel. **Escritos sobre o terramoto de Lisboa**. Lisboa: Ed. 70, 2019.
- KARGEL, Jeffrey. "Greenland's shrinking ice cover: "fast times" but not that fast". **The Cryosphere**, 6, 2012.
- KOONIN, Steven. **Unsettled: what climate science tells us, what it doesn't, and why it matters**. Dallas: Benbella Books, 2021.
- LEROUX, Marcel. "Réchauffement global: une imposture scientifique!". **Fusion**, 95, 2003.
- LINDZEN, Richard. "Global warming: the origin and nature of the alleged scientific consensus". **Regulation**, v.15, n. 2, 1992.
- LOMBORG, Bjorn. **O ambientalista cético**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.
- MAGALHÃES, Gildo (ed.) **História e energia: memória, formação e sociedade**. São Paulo: Alameda, 2012.
- MAGALHÃES, Gildo. "Por uma dialética das controvérsias: o fim do modelo positivista na história das ciências". **Estudos Avançados**, vol. 32, n. 94, 2018.
- MAGALHÃES, Gildo. **A trama do universo: evolução e eurtmia**. São Paulo: LiberArs, 2019.
- MALTHUS, Thomas. **Ensaio sobre a população**. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

- MARTÍNEZ Alier, Joan e SCHLÜPMANN, Klaus. **La ecología y la economía**. México: Fondo de Cultura Económica, 1991.
- MOLION, Luís Carlos. "Global warming: a critical review". **Revista Geofísica**, v. 43, n. 1, 1995.
- SCHAMA, Simon. **Paisagem e memória**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- SINGER, Fred. **Hot talk, cold science**. Oakland: The Independent Institute, 1999.
- TENNENBAUM, Jonathan. **A economia física do desenvolvimento nacional**. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2016.
- VERNADSKY, Vladimir. **Scientific thought as a planetary phenomenon**. Moscou: V. I. Vernadsky Foundation, 1999.